

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO FABRICADOS EN LA CIUDAD DE SAN MARCOS - CAJAMARCA

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por el Bachiller:

JEANPIERRE ZAFRA RABANAL

Asesor

M.Sc. Ing. Tito Chilón Camacho

Cajamarca, Diciembre de 2014

DEDICATORIA

A Dios quien me dio la fortaleza, fe y esperanza para alcanzar este anhelo que hoy se vuelve una realidad.

A mi amada madre la profesora Brenda Rabanal Castañeda, por darme todo su amor y protección, por saber guiarme en el camino de la vida cultivando en mí la humildad y el amor a dios.

A mi adorado padre el economista Iván Zafra Vargas, por su apoyo incondicional, sus sabias palabras que me guiaron en cada momento que las necesite, por su ejemplo de vida, quien me inspiró a conseguir este noble ideal de ser profesional.

A mis hermanos el Ing. Marco Zafra Rabanal y la Q.F.B. Lady Zafra Rabanal, fuentes de inspiración e inmenso cariño, quienes siempre confiaron que lograría este triunfo.

AGRADECIMIENTO

A mis compañeros Armando, Percy, Eduar, Cristhian, Roy, Fernando, Lidman y Walter, por los momentos compartidos en los 5 años de universidad, por la amistad brindada y por el apoyo recibido.

A mis amigos Patricia, Jeanfranco, Ander, Rosita, Chiara, Tatiana, Cesar y Guillermo, quienes estuvieron a mi lado y me apoyaron permanentemente y sobre todo por los alegres momentos compartidos.

A mis primos Bryan y Jason, por su apoyo y confianza quienes me apoyaron incondicionalmente en lo que les solicite para ser posible la realización de esta tesis.

A mi tutor M. CS. Ing. Wilfredo Fernández Muñoz y a mi asesor M.SC. Ing. Tito Chilón Camacho, quienes en todo momento con sus ilustradas orientaciones han contribuido en la realización de este proyecto y cuyos aportes ayudaron en mi formación profesional.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, y a los docentes que me han acompañado durante estos largos cinco años de mi vida, brindándonos siempre sus conocimientos con profesionalismo y sus valiosas orientaciones que afianzaron nuestra formación de manera integral; de lo cual estoy seguro mis futuros logros profesionales también serán los suyos.

A todos ustedes, mi mayor reconocimiento y gratitud.

RESUMEN

En la ciudad de San Marcos capital de la provincia de San Marcos Región Cajamarca por el crecimiento demográfico, se está generando una constante demanda de viviendas; siendo así, las edificaciones de albañilería construidas con ladrillo de concreto producido en la zona, la principal alternativa de construcción. Una de las características de la producción de ladrillo de concreto en la ciudad de San Marcos es que, no utilizan mecanismos de control de calidad de los procesos ni del producto; aunque, la experiencia de los fabricantes se presenta como una ventaja, a través de ella es difícil identificar los parámetros que deben ser mejorados para lograr buenos resultados. Es así que el objetivo de la presente tesis de investigación es evaluar las características físicas (variación dimensional, alabeo, absorción) y características mecánicas (resistencia a la compresión) de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos. Se evaluarán las unidades de cinco ladrilleras tomadas como muestra representativa de las 14 ladrilleras existentes. Los resultados obtenidos serán comparados con lo establecido en la Norma Técnica E.070, 2006.

Palabras clave: ladrillo de concreto, variación dimensional, alabeo, absorción, resistencia a la compresión, San Marcos-Cajamarca

ABSTRACT

In the city of San Marcos capital of the province of San Marcos Region Cajamarca by population growth is generating a steady demand for housing, making it the buildings of masonry built with brick concrete produced in the area's main alternative construction. One of the characteristics of concrete brick production in the city of San Marcos is not using quality control mechanisms of the processes and the product; although the experience of manufacturers is presented as an advantage, through it is difficult to identify the parameters that need to be improved to achieve good results. Thus, the aim of this thesis research is to assess the physical characteristics (dimensional variation, warping, absorption) and mechanical properties (compressive strength) of concrete bricks manufactured in the city of San Marcos. Five brick units taken as a representative sample of the 14 existing brick will be evaluated. The results will be compared with the provisions of the Technical Standard E.070, 2006.

Keywords: brick concrete, dimensional variation, warping, absorption, compressive strength, San Marcos-Cajamarca.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VI
INDICE DE TABLAS:	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.	4
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.	4
2.1.1. INTERNACIONALES.	4
2.1.2. NACIONALES.	5
2.1.3. LOCALES.	12
2.2. BÁSES TEÓRICAS.	14
2.2.1. SISTEMAS CON LADRILLOS DE CONCRETO.	14
2.2.1.1. UTILIZACIÓN DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.	16
2.2.1.1.1. POSIBILIDADES DE UTILIZACIÓN DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.	17
2.2.1.1.2. VENTAJAS DEL USO DE LADRILLOS DE CONCRETO.	17
2.2.2. TECNOLOGÍA DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.	19
2.2.2.1. CONCRETO VIBRADO.	19
2.2.2.1.1. TEORÍA DE LA VIBRACIÓN.	19
2.2.2.1.2. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA VIBRACIÓN.	20
2.2.2.1.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO VIBRADO.	21
2.2.2.1.4. APLICACIÓN DEL CONCRETO VIBRADO.	22
2.2.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO.	23
2.2.2.3. DIMENSIONAMIENTO.	25
2.2.2.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.	25
2.2.2.4.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL.	25
2.2.2.4.2. ALABEO.	26
2.2.2.4.3. ABSORCIÓN.	27

2.2.2.5. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.....	27
2.2.2.5.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	27
2.2.2.6. PROPIEDADES ACÚSTICAS Y TÉRMICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO.....	28
2.2.3. IMPLEMENTACIÓN DE UN TALLER DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO.....	29
2.2.3.1. REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO.....	29
2.2.3.1.1. FLUJOGRAMA DE PRODUCCIÓN.....	30
2.2.3.1.2. TALLER DE MEDIANA ESCALA.....	32
2.2.3.1.2.1. IMPLEMENTACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	32
2.2.3.1.2.2. ÁREAS DE PRODUCCIÓN.....	33
2.2.3.1.2.3. INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN.....	33
2.2.3.2. INICIO DE LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO.....	34
2.2.3.2.1. DOSIFICACIÓN.....	34
2.2.3.2.2. MEZCLADO.....	34
2.2.3.2.3. MOLDEADO.....	35
2.2.3.2.4. FRAGUADO.....	35
2.2.3.2.5. CURADO.....	36
2.2.3.2.6. SECADO Y ALMACENAMIENTO.....	36
2.2.4. CONTROL DE CALIDAD DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.....	37
2.2.4.1. CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES.....	37
2.2.4.2. LIMITACIONES EN LA APLICACIÓN DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.....	39
2.2.4.3. ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.....	40
2.2.4.3.1. MUESTREO.....	41
2.2.4.3.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	41
2.2.4.3.3. VARIACIÓN DIMENSIONAL.....	43
2.2.4.3.4. ALABEO.....	43
2.2.4.3.5. ABSORCIÓN.....	44
2.2.5. ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD.....	45
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	46
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.1. MATERIALES Y EQUIPOS.....	49
3.2.1. MATERIALES.....	49

3.2.2. EQUIPOS.....	49
3.2. METODOLOGÍA.....	49
3.2.1. HIPÓTESIS.....	49
3.2.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	50
3.2.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	50
3.2.2.1. VARIABLES DEPENDIENTES.....	50
3.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	50
3.2.4. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	51
3.2.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	51
3.2.5.1. POBLACIÓN.....	51
3.2.5.2. MUESTRA.....	53
3.2.5.3. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	53
3.2.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	54
3.2.6.1. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	54
3.2.6.1.1. MUESTREO.....	54
3.2.6.1.2. VARIACIÓN DIMENSIONAL.....	56
3.2.6.1.3. ALABEO.....	57
3.2.6.1.4. ABSORCIÓN.....	58
3.2.6.1.5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	59
3.2.6.2. TRATAMIENTO DE DATOS.....	60
3.3. ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	60
3.3.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL.....	60
3.3.1.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL: MUESTRA A.....	60
3.3.1.2. VARIACIÓN DIMENSIONAL: MUESTRA B.....	63
3.3.1.3. VARIACIÓN DIMENSIONAL: MUESTRA C.....	65
3.3.1.4. VARIACIÓN DIMENSIONAL: MUESTRA D.....	67
3.3.1.5. VARIACIÓN DIMENSIONAL: MUESTRA E.....	69
3.3.2. ALABEO.....	71
3.3.2.1. ALABEO: MUESTRA A.....	71
3.3.2.2. ALABEO: MUESTRA B.....	72
3.3.2.3. ALABEO: MUESTRA C.....	72
3.3.2.4. ALABEO: MUESTRA D.....	73
3.3.2.5. ALABEO: MUESTRA E.....	73
3.3.3. ABSORCIÓN.....	74
3.3.3.1. ABSORCIÓN: MUESTRA A.....	74
3.3.3.2. ABSORCIÓN: MUESTRA B.....	75

3.3.3.3. ABSORCIÓN: MUESTRA C.	75
3.3.3.4. ABSORCIÓN: MUESTRA D.	76
3.3.3.5. ABSORCIÓN: MUESTRA E.....	76
3.3.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	77
3.3.4.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: MUESTRA A.	77
3.3.4.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: MUESTRA B.	78
3.3.4.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: MUESTRA C.	78
3.3.4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: MUESTRA D.	79
3.3.4.5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: MUESTRA E.	79
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	80
4.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL.....	80
4.2. ALABEO.....	80
4.3. ABSORCIÓN.....	81
4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	82
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RESULTADOS.	83
4.1. CONCLUSIONES.....	83
4.2. RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS.....	87

INDICE DE TABLAS:

TABLA N° 2.2.1	
CLASE DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES.....	41
TABLA N° 2.2.2	
LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES.....	43
TABLA N° 3.2.1	
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	53
TABLA N° 3.2.2	
TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	54
TABLA N° 3.2.3	
POBLACIÓN.....	57
TABLA N° 3.2.4	
MUESTRA.....	56
TABLA N° 3.3.1	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LARGO DE LA UNIDAD – MUESTRA A.....	64
TABLA N° 3.3.2	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL ANCHO DE LA UNIDAD – MUESTRA A.....	64
TABLA N° 3.3.3	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA ALTURA DE LA UNIDAD – MUESTRA A.....	65
TABLA N° 3.3.4	
RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DIMENSIONAL - MUESTRA A.....	65
TABLA N° 3.3.5	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LARGO DE LA UNIDAD – MUESTRA B.....	66
TABLA N° 3.3.6	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL ANCHO DE LA UNIDAD – MUESTRA B.....	66
TABLA N° 3.3.7	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA ALTURA DE LA UNIDAD – MUESTRA B.....	67
TABLA N° 3.3.8	
RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DIMENSIONAL - MUESTRA B.....	67
TABLA N° 3.3.9	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LARGO DE LA UNIDAD – MUESTRA C:.....	68
TABLA N° 3.3.10	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL ANCHO DE LA UNIDAD – MUESTRA C.....	68
TABLA N° 3.3.11	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA ALTURA DE LA UNIDAD – MUESTRA C.....	69
TABLA N° 3.3.12	
RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DIMENSIONAL - MUESTRA C.....	69
TABLA N° 3.3.13	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LARGO DE LA UNIDAD – MUESTRA D.....	70
TABLA N° 3.3.14	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL ANCHO DE LA UNIDAD – MUESTRA D.....	70
TABLA N° 3.3.15	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA ALTURA DE LA UNIDAD – MUESTRA D.....	71
TABLA N° 3.3.16	
RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DIMENSIONAL - MUESTRA D.....	71
TABLA N° 3.3.17	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LARGO DE LA UNIDAD – MUESTRA E:.....	72

TABLA N° 3.3.18	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL ANCHO DE LA UNIDAD – MUESTRA E.	72
TABLA N° 3.3.19	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA ALTURA DE LA UNIDAD – MUESTRA E.	73
TABLA N° 3.3.20	
RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DIMENSIONAL - MUESTRA E.	73
TABLA N° 3.3.21	
ALABEO - MUESTRA A.....	74
TABLA N° 3.3.22	
ALABEO - MUESTRA B.....	75
TABLA N° 3.3.23	
ALABEO: MUESTRA C.....	75
TABLA N° 3.3.24	
ALABEO - MUESTRA D.....	76
TABLA N° 3.3.25	
ALABEO- MUESTRA E.....	76
TABLA N° 3.3.26	
ABSORCIÓN - MUESTRA A.....	77
TABLA N° 3.3.27	
ABSORCIÓN - MUESTRA B.....	78
TABLA N° 3.3.28	
ABSORCIÓN - MUESTRA C.....	78
TABLA N° 3.3.29	
ABSORCIÓN - MUESTRA D.....	79
TABLA N° 3.3.30	
ABSORCIÓN - MUESTRA E.....	79
TABLA N° 3.3.31	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - MUESTRA A.....	80
TABLA N° 3.3.32	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - MUESTRA B.....	81
TABLA N° 3.3.33	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - MUESTRA C.....	81
TABLA N° 3.3.34	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - MUESTRA D.....	82
TABLA N° 3.3.35	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - MUESTRA E.....	82
TABLA N° 3.4	
RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DIMENSIONAL - MUESTRA A.....	65
TABLA N° 4.1	
RESULTADOS DE VARIACIÓN DIMENSIONAL.....	83
TABLA N° 4.2	
RESULTADOS DE ALABEO.....	83
TABLA N° 4.3	
RESULTADOS DE ABSORCIÓN.....	84
TABLA N° 4.4	
RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 2.2.1:	
FUJOGRAMA DE LA PRODUCCIÓN.....	31
Figura N° 3.1:	
MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LA PROVINCIA DE SAN MARCOS.....	48
FIGURA N° 3.2.1:	
FABRICACIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO EN LA CUIDAD DE SAN MARCOS- CAJAMARCA.....	57
FIGURA N° 3.2.2:	
MUESTRAS DE LADRILLOS DE CONCRETO SELECCIONADAS.....	58
FIGURA N° 3.2.3:	
IDENTIFICACIÓN Y MARCADO DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.....	58
FIGURA N° 3.2.4:	
MEDICIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL LADRILLO DE CONCRETO.....	59
FIGURA N° 3.2.5:	
MEDICIÓN DEL ALABEO DEL LADRILLO DE CONCRETO.....	60
FIGURA N° 3.2.6:	
REGISTRO DEL PESO SECO AL HORNO DEL LADRILLO DE CONCRETO.....	61
FIGURA N° 3.2.7:	
REGISTRO DEL PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO DEL LADRILLO DE CONCRETO.....	61
FIGURA N°3.2.8:	
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO..	62

ANEXOS:

CERTIFICADO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES.

PLANO CATASTRAL DE LA CUIDAD DE SAN MARCOS – CAJAMARCA Y
UBICACION DE LAS LADRILLERAS.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

En la ciudad de San Marcos capital de la provincia de San Marcos Región Cajamarca, por el crecimiento demográfico se está generando una constante demanda de viviendas; siendo así, las edificaciones de albañilería construidas con el ladrillo de concreto producido en la zona, la principal alternativa de construcción.

La calidad de los ladrillos de concreto depende de cada etapa del proceso de fabricación, fundamentalmente de la cuidadosa selección de los agregados, la correcta determinación de la dosificación, una perfecta elaboración en lo referente al mezclado, moldeo y compactación, y de un adecuado curado. Condiciones que no se cumplen adecuadamente en las ladrilleras de la ciudad de San Marcos porque los productores no cuentan con el conocimiento de las exigencias mínimas de cada una de estas etapas del proceso de producción.

Una de las características de la producción de ladrillo de concreto en la ciudad de San Marcos, es que no utilizan mecanismos de control de calidad de los procesos ni del producto; aunque, la experiencia de los fabricantes se presenta como una ventaja, a través de ella es difícil identificar los parámetros que deben ser mejorados para lograr buenos resultados.

El ladrillo de concreto representa una buena alternativa ante el ladrillo de arcilla ya que no se hace uso de material agrícola ni de hornos para su cocción. Actualmente existen 14 ladrilleras productoras de ladrillos de concreto y no se cuenta con la información básica de las características físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos.

Por esta razón la presente investigación busca contribuir a la mejora de las características físicas y mecánicas de las unidades de albañilería producidas en

la ciudad de San Marcos para ello es necesario primero estudiar sus características y clasificarlas según las Normas Peruanas de Edificaciones; para que los productores de ladrillo de concreto de la ciudad de San Marcos tengan en cuenta las características de su producto y de encontrarse que es un producto de mala calidad puedan tomar medidas para mejorarlo, también serán beneficiados los constructores y proyectistas para que puedan tomar decisiones al conocerse esta información.

La ciudad de San Marcos se encuentra en una zona de actividad sísmica considerable (zona 1, según la NTE E.030), existiendo un gran porcentaje de edificaciones de albañilería construidas con ladrillos de concreto producidos en la región, lo que hace que éstas sean vulnerables a los efectos de los sismos. En tal sentido, los datos obtenidos de esta investigación servirán a posteriores investigaciones que se vean interesadas en estudiar más a fondo la albañilería de la ciudad de San Marcos, quizás un estudio sísmico de la albañilería de toda la ciudad, con la finalidad de hacer un análisis de la vulnerabilidad sísmica de la ciudad y se pueda tomar las medidas necesarias.

De aquí que la presente investigación se centra en evaluar las características físicas (variación dimensional, alabeo, absorción) y características mecánicas (resistencia a la compresión) de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos capital de la provincia de San Marcos – Cajamarca. Estas características se encuentran normadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones determinadas en la Norma Técnica E.070, 2006. Los ensayos necesarios se realizaron de acuerdo a la NTP 399.604, 2002 y los datos obtenidos fueron obtenidos en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz”, Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Debemos tener en cuenta que una de las limitaciones de la investigación es la desconfianza de los fabricantes para brindar las condiciones y la información

necesaria al investigador para desarrollar la investigación debido a que sienta el temor de que su producto no cumpla con lo establecido en la Norma Técnica E.070, 2006.

En tal sentido, para continuar metodológicamente con la investigación se ha planteado el siguiente problema: ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos – Cajamarca, que cumplen con la Norma Técnica E.070 para determinar su clasificación?; pregunta que nos va a permitir definir los objetivos siguientes:

- ▶ Determinar las características físicas: variación dimensional, alabeo y absorción de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos – Cajamarca.
- ▶ Determinar las características mecánicas: resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos – Cajamarca.
- ▶ Clasificar los ladrillos de concreto fabricados en la en la ciudad de San Marcos – Cajamarca de acuerdo a la Norma Técnica E.070.

Al cumplir estos objetivos nos será posible contrastar la hipótesis de la investigación: “Las características físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos – Cajamarca, sí cumplen con la Norma Técnica E.070 para clasificar como ladrillo Clase V.”

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

2.1.1. INTERNACIONALES.

Afanador, N; Guerrero, G; Monroy, R. 2012. Propiedades Físicas y Mecánicas de Ladrillos Macizos Cerámicos para Mampostería. Bogotá, UMNG.

En dicha investigación se evaluaron las propiedades mecánicas de los ladrillos macizos cerámicos fabricados a mano en el municipio de Ocaña, Bogotá, Colombia, aplicando en la primera instancia ensayos de caracterización física de la arcilla empleada como materia prima, luego han realizado pruebas de control de calidad no destructivas y destructivas de los ladrillos de los ladrillos de mampostería que se seleccionaron en diferentes chircales (fabricas) o unidades productivas del sector, utilizando para tal fin, la norma técnica Colombiana NTC-4017, "Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla", que permitieron conocer las características y propiedades de los materiales que integran los elementos estructurales, analizando principalmente el módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión, como parámetros que influyen en forma directa en la rigidez de la edificación, concluyendo que: De acuerdo con los análisis de granulometría por hidrómetro y análisis granulométrico por tamizado por vía seca realizados al material arcilloso, se caracteriza por tener un alto porcentaje de fracción arenosa y limos equivalente al 81 % y una pobre fracción arcillosa equivalente al 19% del total de su composición, es decir son clasificadas como arcillas arenosas inorgánicas con media plasticidad, con índice de plasticidad mayor al 10%, es decir, son arcillas que permiten el conformado y compactación de las pizas de mampostería: los ladrillos producidos en Ocaña, no cumplen las resistencias establecidas en Colombia; la TIA promedio es de 0.387 g/cm²/min, indica que las piezas de ladrillos deberán tener un pre humedecimiento mínimo de 24 horas y la AF promedio es de 17.41%, apropiado para muros interiores, pero excede en 4.41% el valor máximo para su utilización en muros exteriores porque su absorción

máxima permitida es de 13%. La resistencia nominal a la compresión oscilan entre 0.8 hasta 2.4 MPa y un valor promedio de para el municipio de Ocaña de 1.44 MPa lo cual es bajo, si lo comparamos con la especificación de resistencia de 14 MPa, lo cual indica que en Ocaña, la resistencia de la mampostería a la compresión está entre el 9.5 al 28.6% del mínimo esperado, representando al menos, un alto grado de vulnerabilidad a la compresión en muros de ladrillo tolete macizo, usados principalmente en viviendas construidas con el sistema de resistencia sísmica de mampostería confinada. Esto indica la necesidad de implementar hornos comunitarios que garanticen la temperatura de sintetización del material, un mejoramiento en el proceso de producción de las piezas de producción de las piezas de mampostería ya sea mediante extracción u otro medio y el diseño de mezclas de arcilla que permitan un mejoramiento de las propiedades mecánicas.

2.1.2. NACIONALES.

San Bartolomé, A. 1994. Construcciones de Albañilería – Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. Lima, PUCP.

Esta publicación muestra en resumen las características de los diferentes materiales utilizados en la albañilería así como el proceso constructivo y ensayos para los especímenes de albañilería ya sean muros a escala, pilas o muretes.

También hace referencia al trabajo experimental realizado por Italo Gonzales, donde demostró que con el uso de una conexión a ras y la adición de mechas de anclaje, puede lograrse una adherencia en la zona de contacto columna-albañilería similar a la que proporciona la conexión dentada. Por lo tanto, para la construcción de muros se debió usar la conexión a ras y la adición de mechas de anclaje con el fin de evitar la presencia de cangrejas y ladrillos quebrados que generalmente se presenta en la conexión dentada.

Arrieta, J. Y Peñaherrera, E. 2001. Fabricación de Bloques de Concreto con una Mesa Vibradora. Lima: UNI - CISMID.

El CISMID, como ente investigador, permanentemente propone sistemas que coadyuven a la construcción de viviendas económicas, seguras y que cumplan con los requerimientos que se establecen en la normatividad vigente y las buenas prácticas constructivas, contribuyendo activamente al desarrollo nacional.

De lo cual Arrieta y Peñaherrera establecen que los bloques vibrocompactados fabricados pueden cumplir con todos los requisitos establecidos por la Norma, siempre que el patrón de diseño cumpla con una dosificación adecuada que signifique proporcionamiento en volúmenes del agregado de arena y grava, resultando más conveniente el uso de mayor cantidad de arena para darle a los bloques una mejor textura. Por lo tanto una óptima dosificación en volumen resulta ser la relación: 1: 5: 2 cemento: arena: grava, con una dosificación inicial de agua 1:1 (cemento: agua). Es necesario resaltar que es importante analizar el tipo de cantera ya que existen agregados con diferentes granulometrías, donde la Cantera A presenta exceso de finos; la Cantera B, una distribución granulométrica normal y, la Cantera C, un defecto en finos. Esto permitió estudiar el comportamiento de mezclas vibradas con diferente granulometría, verificándose que en agregados con exceso de finos se necesita un adicional de agua en la mezcla, la misma que se hacía menos trabajable conforme se iba secando. El autor muestra que la vibración con la mesa permite duplicar la resistencia de las unidades en comparación con la compactación en forma manual. Al mismo tiempo la mesa vibradora permite fabricar unidades que cumplen con las tolerancias dimensionales. Las deformaciones que pudieran presentarse en los bloques serían, por consiguiente, atribuibles sólo a la mano de obra utilizada. Además, la resistencia de los bloques a los 7 días representa el 70% de la resistencia a los 28 días; valor que nos permite realizar ensayos de calidad a corta edad y poder hacer los ajuste de mezcla correspondientes, si fuera el caso. Tal es así que en estas condiciones experimentales, el bloque de concreto por lo tanto cumple con las condiciones técnicas y económicas

necesarias para ser empleadas en la construcción de viviendas de bajo costo y debido al acabado que presentan, es posible e inclusive dejarlos caravista, con el consiguiente ahorro en materiales y mano de obra correspondientes a las tareas de revoque y terminación.

Ángles, P. 2008. Comparación del Comportamiento a Carga Lateral Cíclica de un Muro Confinado con Ladrillos de Concreto y otro con Ladrillos de Arcilla. Tesis Ing. Civil. Lima, PUCP.

En esta tesis se realizaron ensayos de carga lateral cíclica en dos muros con las mismas características, diferenciándolos en el tipo de ladrillos. Un muro fue construido con ladrillo de concreto vibrado Tipo A y el otro con ladrillos de arcilla cocida. De la investigación realizada se puede observar que, la rigidez lateral elástica experimental del muro de ladrillos de concreto, con un valor de 19.87 ton/mm, fue mayor en 32% que la rigidez lateral del muro de ladrillos de arcilla. Esto se debió al mayor módulo de elasticidad que tuvo la albañilería de ladrillo de concreto, así mismo la resistencia a tracción por flexión experimental del muro de ladrillos de concreto, con un valor de 11.14 ton, fue mayor en 12% que la resistencia a tracción del muro de ladrillos de arcilla, esto se debió al mayor módulo de elasticidad que tuvo la albañilería de ladrillo de concreto y la resistencia al agrietamiento diagonal experimental del muro de ladrillos de concreto, con un valor de 16.07 ton, fue menor en 7% que la resistencia al agrietamiento del muro de ladrillos de arcilla, se debió a que mientras que la albañilería con ladrillos de concreto falla escalonadamente a través de las juntas, la de arcilla lo hace cortando los ladrillos; del mismo modo explica que la carga máxima experimental soportada por el muro de ladrillos de concreto fue de 22.09 ton. Este valor fue similar a la carga máxima soportada por el muro de ladrillos de arcilla, teniendo en cuenta que ambos muros tuvieron el mismo refuerzo y las propiedades de la albañilería fueron casi iguales.

San Bartolomé, A. y Morante, A. 2008, Mejora de la Adherencia Mortero-Ladrillo de Concreto. Tesis Ing. Civil. Lima, PUCP.

El propósito de esta tesis fue elevar la adherencia mortero-ladrillo de concreto mediante 3 técnicas de construcción sencillas y económicas: Técnica A (asentando las unidades secas con mortero 1:4, propuesta del fabricante de ladrillos), Técnica B (igual a la técnica A pero curando las juntas) y, Técnica C (igual a la técnica A pero agregando cal al mortero), por lo que de la investigación se puede resaltar que el Ladrillo de concreto "king concreto" se clasificó como sólido clase IV según la Norma E.070, con $f_b = 162 \text{ Kg/cm}^2$, apto para ser empleado en la construcción de muros portantes confinados, la succión del ladrillo fue óptima, encontrándose entre los límites de 10 y 20 gr/200cm²xmin, fijado por la norma E.070 como para no recibir ningún tratamiento antes de asentarlo, excepto su limpieza, el ladrillo presenta una cara de asentado lisa y la otra rugosa, observándose en los ensayos una menor adherencia entre la cara lisa y el mortero que la existente entre la cara rugosa y el mortero, el ladrillo presenta 5 ranuras, por donde penetró el mortero creando llaves de corte, que al final de cuenta fueron las que proporcionaron la mayor parte de la resistencia al corte en la albañilería. El mortero con cal de la Técnica C (1:1/2:4), tuvo una ligera mayor resistencia a compresión (5%) que el mortero sin cal usado en las Técnicas A y B; sin embargo, la cal proporcionó mayor trabajabilidad y retentividad a la mezcla. Las pilas de albañilería tuvieron una resistencia a compresión axial de la albañilería (f_m), no se vio afectada por la técnica de construcción empleada. Se propone utilizar para fines de diseño $f_m = 120 \text{ Kg/cm}^2$ y en su mayor parte las pilas sujetas a compresión tuvieron una forma de falla frágil. Los muretes de albañilería cuentan con una resistencia a corte promedio fue prácticamente independiente de la técnica de construcción utilizada; sin embargo, en la Técnica C (mortero con cal) se logró la menor dispersión de resultados, lo cual hizo que la resistencia característica (v_m) para la Técnica C sea 9% mayor que la correspondiente a la Técnica A, aunque esta observación no debe tomarse como definitiva, puesto que si tan solo se hubiese eliminado uno de los 4 resultados en cada técnica, entonces, todas ellas hubiesen proporcionado la misma resistencia característica; de acuerdo a la Norma E.070, para fines de diseño debe emplearse una resistencia característica

a fuerza cortante $v'm \leq (f'm)^{1/2} = (120)^{1/2} \approx 11 \text{ Kg/cm}^2$, este resultado es menor que los valores hallados para la Técnica A (11.19 Kg/cm²) y C (12.23 Kg/cm²), por tanto, mandaría $v'm = 11 \text{ Kg/cm}^2$, además la mayor parte de los muretes sujetos a compresión diagonal tuvieron una forma de falla mixta, con grietas que pasaban por las juntas y cortaban el ladrillo. Y al analizar el Módulo de Elasticidad (E_m) y Módulo de Corte (G_m), los valores de E_m hallados experimentalmente en las pilas salieron bastante elevados. Cuando estos valores fueron relacionados con G_m , hallado experimentalmente en los muretes, se obtuvo un módulo de Poisson incoherente ($\nu = 1$); y cuando se trabajó con la formulación de la Norma E.070 para unidades de concreto: $E_m = 700 f'm$ y $G_m = E_m/2.5$, se obtuvo un valor de G_m cercano al hallado experimentalmente en los muretes. De esta manera se propone para fines de análisis estructural, trabajar con los valores especificados por la Norma E.070, con cargo a revisarlos en el futuro en ensayos de muros a escala natural.

Agüero. A y 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, PUCP.

Esta investigación tiene como objetivo principal comparar el comportamiento sísmico de muros confinados hechos con un nuevo tipo de ladrillo de concreto vibrado (llamado tipo "B"), variando la calidad del mortero (con cal y sin cal). Además, utilizando la información de un proyecto previo, donde se usó otro tipo de ladrillo de concreto vibrado ("ladrillo original" o tipo "A") hecho por la misma fábrica, se analizan el efecto de la calidad del ladrillo sobre el comportamiento sísmico de los muros confinados. Para este estudio los investigadores construyen a escala natural un muro confinado por cada tipo de mortero, con las mismas dimensiones y refuerzo de acero en los elementos de confinamiento, dicho ensayo consistió en aplicar a los muros una carga lateral cíclica con desplazamiento horizontal controlado.

Las unidades de albañilería según la referencia 1, el uso de las unidades de albañilería está limitado de acuerdo al uso o aplicación. En esta investigación se

ha contemplado el uso de albañilería confinada en edificios de 5 pisos, ubicados en la Zona 3 (Zonificación de la Norma Sismo resistente E.030), donde las unidades deben ser sólidas, es decir, el porcentaje del área de huecos no debe ser mayor que el 30% del área bruta de la cara de asentado. De acuerdo a los resultados, los ladrillos de concreto tipo B (nuevo) se calificaron como unidades sólidas aptas para ser utilizadas en la investigación; para fines estructurales, los ladrillos de concreto clasificaron como tipo III, debido a que su resistencia a compresión ($f'b$) no superó la mínima resistencia especificada para clasificar como tipo IV (139kg/cm²). Sin embargo, esto no es condicionante como para que los ladrillos de concreto puedan ser empleados en edificios de 5 pisos en la zona sísmica 3; además comparando resultados obtenidos de los ensayos de los muros con ladrillos Tipo A y B, podemos decir que las unidades Tipo A, resultaron ser del tipo IV, mientras que las del tipo B, fueron clasificación III; finalmente estos resultados, los podemos obtener de comparar los $f'b$ (resistencias a compresión) en ambos muros. Para el uso de las unidades tipo A (unidades de concreto bloque antiguo), la resistencia $f'b$ obtenida mediante los ensayos, fue igual a 150kg/cm², y para los ladrillo con el bloque nuevo de concreto (Tipo B), la resistencia a la compresión obtenida ($f'b$) fue de 118 kg/cm².

En el caso de los prismas de albañilería la resistencia a compresión ($f'm$) para las pilas construidas con ladrillos utilizando mortero añadido con cal, resultó ser mayor que las que no utilizaban este elemento adicional al mortero, esto debido a que la cal ayuda a la mezcla a fraguar más rápidamente, con lo cual en la fecha de toma de resultados, dicho elemento vertical que contenía mortero con cal, resultó ligeramente más resistente; así mismo, la resistencia a corte puro ($v'm$) de muretes construidos con ladrillos utilizando mortero añadido con cal, resultó ser mínimamente menor que las que no utilizaban este elemento adicional al mortero, esta diferencia es tan pequeña, que el uso de la cal en morteros para el caso de muretes no es muy beneficioso y si elevaría los costos de construcción; sin embargo, si comparamos los resultados obtenidos para los ensayos en pilas con unidades Tipo A y Tipo B, podemos decir que la compresión axial obtenida para las pilas de tipo A fue mayor en un 18% que la obtenida con los ladrillos tipo B, esto significa que el uso de unidades Tipo A para construcción de columnas

o elementos verticales es preferible usarlas con los bloques de concreto modelo antiguo.

En la construcción de los muros la conexión a ras mejoró la conexión columna – albañilería en los muros confinados, evitándose problemas que muchas veces se presentan en la conexión dentada tradicional: cangrejas bajos los dientes, rotura de dientes al compactar el concreto de las columnas, adicionalmente, los chicotes colocados en los extremos de la albañilería, cada dos hiladas, permitieron que el desplazamiento en la conexión columna – albañilería, sea menor de 1mm; en la investigación se halló que la rigidez lateral elástica (K) del muro M2 (muro sin mortero añadido con cal) fue mayor que la rigidez lateral del muro M1 (mortero con cal). Por otro lado, en el rango inelástico, la degradación de rigidez fue similar en ambos muros y la rigidez lateral elástica (K) del muro que empleó ladrillos Tipo A, fue 5% mayor que la rigidez lateral del muro Tipo B. Esta rigidez pudo predecirse con menos porcentaje de error aplicando el criterio de la sección transformada; de mismo modo en el caso de la resistencia a tracción por flexión del muro M1 (mortero con cal) fue 7% mayor que la del M2, ambas resistencias pudieron predecirse con cierto porcentaje de error, aplicando el criterio de la sección transformada no agrietada y admitiéndose que la resistencia a tracción por flexión del concreto de las columnas es: $f't = 2\sqrt{f'c}$, en kg/cm², además que ambos muros llegaron a la etapa de endurecimiento debido a que sus máximas fuerzas horizontales alcanzadas superaron a la fuerza cortante de estos y la fuerza a tracción por flexión que generó la primera fisura en los muros que emplearon unidades de concreto Tipo A, fue de 9.28 ton y para el muro que utilizó unidades de concreto Tipo B, la fuerza a tracción por flexión de 9.04ton. De esto podemos concluir que las unidades de concreto antiguas se demoran más en que se produzcan fisuras en un 1%, carga realmente no significativa; finalmente debemos hacer notar que la máxima carga soportada por los muros M1 y M2 fue similar, e indicó que el refuerzo de las columnas ingresó en la etapa de endurecimiento, lo que pudo verificarse con los instrumentos empleados, comparando los muros con ladrillos Tipo A y B, en ambos casos se obtuvo una fuerza de corte (Vf) de 17.34ton. En el caso del muro Tipo A, la carga de agrietamiento diagonal (Vm) obtenida fue de 15.95 ton > 13.65 ton (obtenida con unidades Tipo B) y en ambos casos podemos decir que

sus $V_m < V_f$ (Fuerza de corte), por lo que ambos muros tenderán a fallar por corte con una grieta diagonal.

Finalmente en el comportamiento de los muros podemos observar que las fisuras que aparecieron en el muro M2 (ladrillos sin cal), siguieron el mismo patrón que tuvieron los muretes correspondientes: fueron principalmente escalonadas, en cambio, en el muro M1 (ladrillos con cal), la grieta fue diagonal cortando ladrillos y mortero, con lo cual, la adherencia ladrillo-mortero fue mejor para el caso de los ladrillos sin cal añadida en el mortero y además ambos muros, M1 y M2, tuvieron una falla por corte y su comportamiento fue similar hasta la máxima distorsión angular permitida 0.005 (Fase 7 del ensayo cíclico), donde ambos muros podrían ser reparados, se notó que luego de la Fase 9, ambos muros presentaron una mayor cantidad de ladrillos triturados, aunque esto ocurrió para una deriva superior al límite especificado por la Norma Sismorresistente E.030 (0.005). Los ladrillos triturados, podrían haberse incrementado si el muro estuviese sometido bajo carga vertical,

2.1.3. LOCALES.

Fernández, K. 2010, Estudio de la influencia del tipo de arcilla en las características técnicas del ladrillo. Santa Bárbara – Cajamarca. Tesis Mg. Sc. Cajamarca, UNC.

En dicha investigación se realizó estudios de la influencia del tipo de arcilla en las características técnicas del ladrillo del Centro Poblado Menor Santa Bárbara – Cajamarca. En cuyo estudio se determina la composición mineralógica cuantitativa de cada una de las muestras provenientes de la fábrica de ladrillos proveniente de la zona en base a los datos obtenidos en el análisis químico. En la que concluye que la materia prima utilizada en la fabricación de las unidades de albañilería no cumple con los niveles requeridos en la industria. Así mismo se determinó que el tipo de arcilla determinada por sus componentes químicos que es utilizada en la fabricación artesanal de ladrillo influye en las características técnicas del producto; así, nos muestran que de acuerdo con su composición

química, las arcillas utilizadas para la fabricación de ladrillo en el CPM Santa Bárbara no califican como aptas para esta industria ya que contienen una deficiente cantidad de sílice y alúmina y una alta cantidad de materia orgánica, en tal sentido, la resistencia característica a la compresión de ladrillo está determinada por la cantidad de óxido de silicio que contiene una arcilla que está hecho, comprobándose que a mayor cantidad de sílice mayor resistencia a la compresión del ladrillo, así mismo se ha verificado que a mayor porcentaje de materia orgánica en la arcilla la resistencia característica a la compresión disminuye, por otro lado el porcentaje de absorción del ladrillo lo determinan principalmente el exceso de óxido de calcio y la ausencia de alúmina, la baja cantidad de óxido de silicio y óxido de aluminio en la arcilla determinan un mayor porcentaje de variación volumétrica en el ladrillo, del mismo modo el exceso de óxido de calcio (CaO) en la arcilla disminuye la resistencia a la compresión característica del ladrillo e incrementa la contracción volumétrica del mismo y por último el contenido de óxido de hierro en la arcilla determina principalmente la intensidad de la coloración anaranjada del ladrillo. A mayor contenido de Fe_2O_3 mayor intensidad de la misma.

En tal sentido Fernández k. determina que la intensidad de la coloración anaranjada del ladrillo no implica necesariamente un mejor comportamiento estructural del mismo y las arcillas utilizadas en la fabricación artesanal de ladrillo en el CPM Santa Bárbara son de formación sedimentaria, clasificando como margas, pobres en material arcilloso ricas en óxido de hierro y calcio o ricas en óxido de calcio solamente, por lo que dichos ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en el CPM Santa Bárbara clasifican indistintamente para fines estructurales, desde los destinados a construcciones de servicio con exigencias mínimas (clase I), hasta construcciones de servicio de uso general (clase III), sin embargo se presentan casos en que no llega a clasificar para estos fines.

2.2. BÁSES TEÓRICAS.

Actualmente en la fabricación de ladrillos de concreto se viene utilizando grandes máquinas vibradoras, sin embargo la disponibilidad de este tipo de equipos en muchas zonas rurales es prácticamente nulas, obligando a recurrir a la vibración manual; por tal motivo, la propuesta de utilizar mesas vibradoras pequeñas resulta una alternativa constructiva que hace viable la albañilería con ladrillos de concreto. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Para la producción de los ladrillos de concreto se implementa un taller de mediana escala que permita la fabricación de las unidades, con una producción de 300 ladrillos diarios con un personal mínimo (1 operario y dos ayudantes); el equipamiento está conformado por una mesa vibradora de 1.2m x 0.6 m de 3HP, moldes metálicos y un área de producción de 50 m²; ésta comprende una zona de materiales y agregado, una zona de mezclado y fabricación, una zona de desmolde y una zona de curado. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

La calidad de los ladrillos depende de cada etapa del proceso de fabricación, fundamentalmente de la cuidadosa selección de los agregados, la correcta determinación de la dosificación, una perfecta elaboración en lo referente al mezclado, moldeo y compactación, y de un adecuado curado. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

2.2.1. SISTEMAS CON LADRILLOS DE CONCRETO.

A inicios del siglo XIX en Inglaterra se origina uno de los grandes avances en el campo de la construcción, la fabricación del ladrillo de concreto. Estos ladrillos eran sólidos sumamente pesados en los que se utilizaba la cal como material cementante. La introducción del cemento Portland y su uso intensivo, abrió nuevos horizontes a este sector de la industria. A principios del siglo XX aparecieron los primeros ladrillos huecos para muros; la ligereza de estos nuevos ladrillos significa, por sus múltiples ventajas, un gran adelanto para el área de la construcción en relación a etapas anteriores. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Las primeras máquinas que se utilizan en la entonces incipiente industria se limita a simples moldes metálicos, en los cuales se compacta la mezcla manualmente; este método de producción se siguió utilizando hasta los años veinte, época en que aparecieron máquinas con martillos accionados mecánicamente; más tarde se descubrió la conveniencia de la compactación lograda basándose en vibración y compresión; actualmente, las más modernas y eficientes máquinas para la elaboración de ladrillos de concreto utilizan el sistema de vibro compactación. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

En el Perú la primera planta de ladrillos de concreto inició su producción en 1928 y sus productos se utilizaron en la construcción del primer barrio obrero del Callao. Posteriormente se instalaron en Lima dos fábricas más, una de ellas de ubicó en la antigua chancadora del Puente del Ejército y la otra, en el Jr. Tingo María, Breña. Actualmente existen diversas realizaciones de construcciones con ladrillos de concreto en Lima y en diversas localidades del país, como Marcona, la Oroya, Moquegua, Tacna, Junín, Cerro de Pasco, etc., pudiéndose mencionar también los proyectos de INFES, para la construcción de centros escolares en la sierra y selva en los cuales se plantea utilización intensiva de éstos elementos fabricados directamente en obra. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Los muros con ladrillos de concreto sujetos a cargas sísmicas en su plano muestran dos tipos de fallas: flexión y corte, debiendo entenderse que la falla principal es aquélla donde se acumulan mayores grietas, originado una fuerte degradación tanto en resistencia como en rigidez. El muro presenta una forma de falla dependiendo de cuál de las resistencias sea la menor; sin embargo, la mayoría de las fallas registradas han sido por corte antes que por flexión. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Entre los sistemas afines al tratado en este estudio, se puede mencionar que el sistema constructivo de albañilería confinada, formada por muros portantes, columnas y vigas que es utilizado intensamente; sin embargo el sistema constructivo de albañilería armada con ladrillos de concreto no se difunde convenientemente, pudiendo ser utilizado ventajosamente en forma masiva para

programas multifamiliares de vivienda, campamentos mineros, autoconstrucción, entre otros. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

2.2.1.1. UTILIZACIÓN DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.

Los ladrillos de concreto, que son elementos modulares y pre moldeados, están dentro de la categoría de mampuestos que en obra se manipulan a mano, y son especialmente diseñados para la albañilería confinada y armada. Los ladrillos de concreto se emplean en la construcción de muros para viviendas (exteriores e interiores), parapetos, muros de contención, sobrecimientos, etc. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

La albañilería confinada con ladrillos de concreto, de manera similar que cuando se utiliza ladrillo cerámico, requiere de vigas y columnas de confinamiento. En el caso de la albañilería armada con ladrillos de concreto, se requiere de acero de refuerzo vertical regularmente distribuido, a lo largo del muro, en los alvéolos de las unidades; por su parte, el acero de refuerzo horizontal, cuando es necesario, se aloja en las juntas pudiendo, los ladrillos, presentar o no detalles para su colocación. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

La ventaja con este tipo de unidad de albañilería es que por su tamaño proporciona una economía en el tiempo de ejecución, en la utilización de mano de obra y en la cantidad de mortero necesaria, lo que conduce a un abaratamiento del costo de producción, además reduce el número de juntas. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

La transmisión de calor a través de los muros es un problema que se presenta en las zonas cálidas y en las frías, siendo así más conveniente el empleo de cavidades con aire en el interior de los muros permitiendo que se formen ambientes más agradables. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

2.2.1.1.1. POSIBILIDADES DE UTILIZACIÓN DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.

Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Afirman que como se ha mencionado, los ladrillos de concreto pueden utilizarse en la construcción de viviendas multifamiliares, en edificaciones en general, en muros de contención, etc. teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Materiales: Para la confección del ladrillo de concreto sólo se requiere materiales usuales, como son: piedra partida, arena, cemento y agua; un equipo de vibrado y moldes metálicos correspondientes; siendo posible su elaboración en obra, evitando así el problema de transporte de unidades fabricadas, lo cual representa aspectos favorables para la autoconstrucción.

Economías: La construcción con ladrillos de concreto presenta ventajas económicas, las cuales se originan en la rapidez de ejecución, por el hecho de sólo necesitar asentar 12 ladrillos de concreto para construir 1 m²; así mismo una fabricación cuidadosa de los ladrillos permitirá obtener piezas de buen acabado que permite ahorra en tarrajeo y pintado posterior.

Resistencias: Los muros principales de una vivienda construida con ladrillo de arcilla tienen un ancho de 25 cm, en el caso de las construcciones con ladrillos de concreto estos muros principales son de menor espesor sin embargo, tienen la misma resistencia ya que estos últimos están reforzado con varillas de fierro. El muro delgado permite mayor amplitud en los ambientes de la edificación permitiendo una mayor área útil lo cual implica mayor valor comercial de venta.

Mano de Obra: La mano de obra debe ser calificada a nivel de operario, contándose con apoyo técnico y supervisión en el caso de la autoconstrucción.

2.2.1.1.2. VENTAJAS DEL USO DE LADRILLOS DE CONCRETO.

Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Señalan que la construcción con ladrillos de concreto presenta ventajas económicas en comparación con cualquier otro

sistema constructivo tradicional, la que se pone de manifiesto durante la ejecución de los trabajos y al finalizar la obra.

Estas ventajas se originan en la rapidez de fabricación, exactitud y uniformidad de las medidas de los ladrillos, resistencia y durabilidad, desperdicio casi nulo, y sobre todo por constituir un sistema modular. Esta circunstancia permite computar todos los materiales en la etapa de proyecto con gran certeza, y dichas cantidades se aproximan a los realmente utilizados en obra. Esto significa que es muy importante la programación y diagramación de todos los detalles, previamente a la iniciación de los trabajos.

Si se compara un muro de ladrillos de concreto con otro de espesor equivalente, utilizando mampostería tradicional de ladrillo, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Menor costo por metro cuadrado de muro, originado en la menor cantidad de ladrillos.
- Menor cantidad de mortero de asiento.
- Mayor rendimiento de la mano de obra debido a la menor cantidad de movimientos necesario para levantar un metro cuadrado.
- En la mampostería de concreto reforzada, sólo es necesario contar con un único rubro de mano de obra, es decir el albañil, ya que las tareas de armado, colocación de los ladrillos y terminaciones, las puede realizar sin el auxilio de los oficiales carpinteros y armadores.
- Asimismo, el hecho de utilizar el ladrillo de concreto en su función estructural, agiliza los trabajos y posibilita una mayor rapidez constructiva, ya que no será necesario contar con los tiempos de encofrado y tiempos de espera para desencofrado de columnas, vigas, etc., típicos de la construcción tradicional de las estructuras de concreto armado convencional.

- El armado de la mampostería reforzada es muy sencillo, ya que sólo es necesario utilizar barras rectas sin ataduras de ningún tipo, siendo muy sencillo el empalme de las mismas por simple traslape.
- Debido a la excelente terminación que presentan los ladrillos de concreto fabricados por vibrocompactación, es posible e inclusive recomendable, dejarlos a la vista, con el consiguiente ahorro en materiales y mano de obra correspondientes a las tareas de revoque y terminación.

2.2.2. TECNOLOGÍA DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.

Los ladrillos de concreto vibrado son elementos paralelepípedos, moldeados, que se adaptan a un manipuleo manual, especialmente diseñado para la albañilería armada y confinada con acabado tarrajado o también con un terminado caravista. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Arrieta, J. y Peñaherrera. E. 2001. Indican que los materiales utilizados para la fabricación de los ladrillos de concreto estarán constituido por cemento Portland tipo I, por agregados que cumplan con los requisitos para concretos convencionales; se deberá considerar relación a/c mínima a fin de proporcionarles características de durabilidad e impermeabilidad; el equipo necesario para fabricar los ladrillos lo conforman una pequeña mesa vibradora con su respectivo molde metálico.

2.2.2.1. CONCRETO VIBRADO.

2.2.2.1.1. TEORÍA DE LA VIBRACIÓN.

La vibración es el método de asentamiento práctico más eficaz conseguido hasta ahora, dando un concreto de características bien definidas como son la resistencia mecánica, compacidad y un buen acabado. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

La vibración consiste en someter al concreto a una serie de sacudidas y con una frecuencia elevada. Bajo este efecto, la masa de concreto que se halla en un estado más o menos suelto según su consistencia, entra a un proceso de acomodo y se va asentando uniforme y gradualmente, reduciendo notablemente el aire atrapado. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

La duración de la vibración influye determinantemente en la compacidad del elemento. Un inconveniente que se encuentra a menudo en el campo de la vibración, es el efecto de pared, fenómeno que tiene lugar en aquellas piezas de paredes altas y espesor reducido. Aunque se haya calculado un vibrador que responda a la masa total a vibrar, el asentamiento no será completo si tiene lugar tal fenómeno, debiéndose adoptar aparatos de mayor potencia para subsanar el efecto pared. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Expresan que los concretos de consistencia seca son los que dan mayor resistencia pero su aplicación en obras resulta muy difícil por su poca trabajabilidad, la vibración viene a solucionar este problema, permitiendo el empleo de mezclas con asentamientos entre 0" a 1". El ladrillo vibrado con la mesa alcanza el doble de resistencia que un ladrillo vibrado manualmente (práctica muy común en las zonas alejadas del país).

2.2.2.1.2. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA VIBRACIÓN.

Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Señalan que la vibración queda determinada por su frecuencia e intensidad. Frecuencia es el número de impulsiones o pequeños golpes a que se somete el concreto en un minuto. Amplitud es el máximo desplazamiento de la superficie vibrante entre dos impulsiones. La vibración puede ser de alta o baja frecuencia. Se considera de baja frecuencia valores usuales de 3000 vibraciones por minuto; cuando éstas son iguales o superiores a 6000 vibraciones/minuto se consideran en el rango de alta frecuencia. Con este último se logra una mejor compactación: vibración de baja frecuencia obliga el empleo de mezclas con un mayor relación a/c.

Un factor de considerable importancia es el tiempo que dura el proceso de vibración. Este tiempo depende, entre los factores más importantes, de la frecuencia de vibración, de la calidad del agregado, de la riqueza en cemento de la mezcla; al aumentar la frecuencia disminuye el tiempo de vibrado, sin embargo, la vibración muy enérgica y prolongada puede producir efectos desfavorables, **la vibración se da por completa cuando la lechada de cemento empieza a fluir a la superficie.** (Arrieta y Peñaherrera 2001)

2.2.2.1.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO VIBRADO.

Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Detallan en su investigación que el concreto vibrado cuenta con las siguientes propiedades:

Compacidad:

Al amasar un concreto se emplea una cantidad de agua superior a la que el cemento necesita para su perfecta hidratación y que es muy inferior al volumen de agua empleado normalmente en el amasado. Absorbida el agua de combinación por el cemento, la cantidad restante, y que se añade exclusivamente para dar trabajabilidad al concreto, tiende a evaporarse, dejando de ese modo una gran cantidad de poros, resultando un concreto con una compacidad más o menos acusada, según sea la cantidad de agua evaporada. Esta situación trae como exigencia la necesidad de reducir en lo posible la cantidad de agua de amasado con el fin de conseguir un concreto de gran compacidad.

Impermeabilidad:

La impermeabilidad de un concreto es función de su compacidad. La granulometría juega un papel muy importante en la impermeabilidad. Con una granulometría continua y un elevado dosaje de cemento, completados por una enérgica vibración, se obtiene un concreto altamente impermeable.

La absorción de humedad del concreto vibrado es aproximadamente la mitad de la correspondiente al concreto ordinario.

Resistencia mecánica:

La resistencia mecánica del concreto es quizás el factor más importante dentro de las propiedades del mismo. La resistencia del concreto aumenta considerablemente si se aplica una vibración intensa.

Resistencia a la abrasión y congelamiento:

La resistencia del concreto vibrado a las acciones extremas se deriva de su propia compacidad; la resistencia al desgaste es mayor. Otra ventaja es su resistencia a las heladas por tener menos agua de amasado y ser más compacto.

Desmolde rápido:

En la fabricación de elementos prefabricados de concreto vibrado puede conseguir un desmolde inmediato si el concreto es de granulometría adecuada y se ha amasado con poca agua. Si al efectuar esta operación la pieza se rompe, se puede afirmar que la causa se encuentra en un exceso de agua o de material fino. La rotura puede sobrevenir también al no estar suficientemente consolidado el concreto, es decir, la vibración ha sido de poca duración.

2.2.2.1.4. APLICACIÓN DEL CONCRETO VIBRADO.

Hasta hace poco años, el asentamiento del concreto "in situ" se hacía normalmente por apisonado manual pero para que este método fuera eficaz, era necesario emplear concretos con mucho agua, hecho que va en perjuicio de su resistencia. Hoy en día, gracias a los adelantos técnicos y a una investigación bien dirigida, se ha conseguido sustituir en gran parte el apisonado por la vibración, método que presenta indiscutibles ventajas. Factores de importantes en el concreto vibrado son: granulometría, relación agua/cemento y frecuencia de vibrado. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Por las altas resistencias conseguidas en los concretos vibrados mecánicamente, en comparación de los concretos compactados manualmente, aquél método es ampliamente utilizado en la elaboración de ELEMENTOS PREFABRICADOS: vigas, tubos para instalaciones sanitarias, postes, silos, tubos para conducción eléctrica y telefónica, etc. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

2.2.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO.

Los ladrillos de concreto son económicos, acústicos, impermeables, resistentes al fuego, durables y capaz de resistir cargas pesadas.

La unidad de albañilería, tiene en la resistencia a compresión, como una propiedad mecánica muy importante porque se relaciona con la resistencia del muro; cuanto mayor es la resistencia de la unidad de albañilería, aumenta proporcionalmente la resistencia del elemento estructural. Las propiedades físicas tales como la geometría, la densidad, la absorción y la eflorescencia, también influyen en la resistencia del elemento estructural; otros factores relacionados al proceso constructivo como el desplome con la verticalidad y la excentricidad de la carga actuante, que producirán momentos flexionantes en dirección normal a su plano, reducirán la resistencia comparativamente a una sección sujeta a carga axial simple. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Es necesario dosificar muy cuidadosamente el contenido de agua en la mezcla, para que ésta no resulte ni muy seca ni demasiado húmeda. En el primer caso se corre el peligro del desmoronamiento del ladrillo recién fabricado; en el segundo, que el material se asiente deformando la geometría del ladrillo. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Una vez mezclado los materiales, ya sea en forma manual o con mezcladora, se moldean los ladrillos en la máquina vibradora. La duración del vibrado así como la potencia del motor de la máquina vibradora son factores que influyen notablemente en la resistencia de los ladrillos de concreto. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Para no alterar las dimensiones y características de los ladrillos de concreto se puede curar por regado a partir de las 6 horas y durante las 48 horas siguientes, hasta que adquiera una resistencia que permita el manipuleo. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Las variaciones de textura pueden lograrse controlando la granulometría del agregado y mediante otras operaciones, lo que permite obtener texturas superficiales finas, medias o gruesas. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

La utilización de ladrillo de concreto en albañilería permite lograr una celeridad de ejecución realmente notable. Estas circunstancias unidas al menor número de unidades requeridas por m² de muro y la menor cantidad de mortero en las juntas, significa notable economía. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

En la construcción de muros portantes, la experiencia de otras investigaciones indica, en relación a las resistencias, que un muro de ladrillo de 20cm de ancho, es equivalente a uno de ladrillo de 30cm, como es nuestro medio el muro usual portante es de 25cm, se deduce que un muro de ladrillo de concreto de 20cm sería superior de capacidad portante. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Según Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Se debe controlar el proceso de producción. Una condición imprescindible que deben satisfacer los ladrillos de concreto es su uniformidad, no sólo en lo relativo a la regularidades de sus dimensiones, en especial su altura, sino también en cuanto a la densidad, calidad, textura superficial y acabado. La uniformidad de los ladrillos de concreto depende en gran medida de su proceso de fabricación y del mismo, son factores determinantes los siguientes:

- La cuidadosa selección de los agregados.
- El correcto estudio de la dosificación.
- El adecuado diseño del ladrillo.
- Una perfecta ejecución del mezclado, moldeo y compactación.
- Un adecuado curado y almacenamiento

En resumen, será necesario controlar durante la producción: la dosificación de la mezcla, la cual se recomienda sea en lo posible en peso, pero pudiéndose dosificar en volumen utilizando latas, cajones o carretilla; además se debe controlar el tiempo de mezclado; el slump o asentamiento; el peso unitario del concreto fresco; el tiempo de vibrado y, los procesos de desmolde y curado de las unidades. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

2.2.2.3. DIMENSIONAMIENTO.

Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Refieren que la falta de uniformidad en las medidas de la unidad hace difícil construir un elemento estructural perfectamente vertical y libre de irregularidades que provocan excentricidad de la carga, generando esfuerzos flexionantes adicionales.

La fabricación usualmente comprende una gama de ladrillos que manteniendo su altura y largo constantes, diferenciándose por sus anchos: 10, 12, 14 y 20 cm según las funciones, de muro o tabique, que deba cumplir según diseño. Los ladrillos a su vez presentan alvéolos, los mismos que se corresponden verticalmente en las mamposterías, de hilada en hilada, lo que da lugar a la formación de ductos que se usan con distintas finalidades. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

2.2.2.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.

2.2.2.4.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL.

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. (ITINTEC 1978)

El mortero cumple en la albañilería dos funciones, la primera es separar los ladrillos de modo tal de absorber las irregularidades de estos y, la segunda, es pegar los ladrillos de modo tal que la albañilería no sea un conjunto de piezas sueltas, sino un todo. Para la albañilería de buena calidad se estima que un espesor de juntas de 10 mm a 12 mm es adecuado y suficiente. Cuando las imperfecciones del ladrillo exceden los valores indicados para el Tipo IV el espesor de la junta tiene que ser necesariamente mayor de 12 mm. (ITINTEC 1978)

San Bartolomé, A. 1994. Indica que la prueba de Variación Dimensional es necesario efectuarla para determinar el espesor de las juntas de la albañilería. Debe hacerse notar que por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales (adicionales al mínimo requerido de 10 mm), la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en 15%; asimismo, disminuye la resistencia al corte.

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

Adicionalmente, resulta obvio que el aspecto de la albañilería se deteriora con imperfecciones crecientes en el ladrillo. (ITINTEC 1978)

2.2.2.4.2. ALABEO.

El mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad. (San Bartolomé 1994)

2.2.2.4.3. ABSORCIÓN.

La absorción del agua se mide como el paso del agua, expresado en porcentaje del peso seco, absorbido por la pieza sumergida en agua según la norma NTP 339.604. Esta propiedad se relaciona con la permeabilidad de la pieza, con la adherencia de la pieza y del mortero y con la resistencia que puede desarrollar. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Se entiende por absorción al contenido de humedad total interna de un ladrillo de concreto que está en la condición de saturado superficialmente seco. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

La capacidad de absorción del ladrillo se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y secada superficialmente. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

2.2.2.5. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.

2.2.2.5.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

La propiedad mecánica de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto vibrado, es el índice de calidad más empleado para albañilería y en ella se basan los procedimientos para predecir la resistencia de los elementos estructurales. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Debe hacerse notar que la resistencia a compresión ($f'b$) expresa sólo la calidad de la unidad empleada, ensayada bajo las mismas condiciones (por ejemplo, a mayor resistencia se obtendrá una mejor durabilidad). Esto se debe a que el valor $f'b$ depende de la altura de la probeta (a menor altura, mayor resistencia), del capping empleado y de la restricción al desplazamiento lateral impuesto por

los cabezales de la máquina de ensayos (acción de confinamiento transversal a la carga aplicada). (San Bartolomé 1994)

La resistencia a la compresión de la albañilería ($f'm$) 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. (ITINTEC 331.017, 1978)

Se estima que la resistencia a la compresión de la albañilería, representada por la prueba a rotura de un prisma normalizado, es del 25% al 50% de la resistencia a la compresión del ladrillo. Los valores más bajos (25%) corresponden a condiciones de construcción y calidad de mortero bajas y los más altos (50%) representan el límite superior de la albañilería obtenible con un determinado ladrillo en condiciones óptimas. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la forma de falla a compresión es diferente en la prueba del prisma de albañilería que en la prueba del ladrillo. En el primer caso la falla ocurre por una combinación de compresión axial y tracción lateral (causada por el escurrimiento del mortero de las juntas), mientras que en la prueba del ladrillo la falla ocurre por aplastamiento o corte. (ITINTEC 331.017, 1978)

2.2.2.6. PROPIEDADES ACÚSTICAS Y TÉRMICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO.

Las transmisiones de calor a través de los muros son un problema que afecta el confort y la economía de la vivienda en las zonas cálidas y frías debido al alto costo que representa el empleo de aislantes o de calefacción, según sea el caso. Los ladrillos de concreto tienen un coeficiente de conductividad térmica variable, en el que influyen los tipos de agregados que se utilice en su fabricación y el espesor del ladrillo. En general, la transmisión es mayor la que ofrece un muro de ladrillo sólido de arcilla cocida de igual espesor. Se puede bajar la transmisión térmica de los muros revocándolos con mortero preparados con agregados livianos de procedencia volcánica. En lo referente a la absorción y a la transmisión del sonido, los ladrillos de concreto tienen capacidad de absorción

variable de un 25 % a un 50%; si se considera un 15% como valor aceptable para los materiales que se utilizan en construcción de muros, la resistencia de los ladrillos de concreto a la transmisión del sonido viene a ser superior a la de cualquier otro tipo de material comúnmente utilizado. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

2.2.3. IMPLEMENTACIÓN DE UN TALLER DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO.

Actualmente se fabrican ladrillos de concreto de alta resistencia a la compresión, (120 kg/cm² tipo V), con diferentes mezclas cemento-agregado, utilizando grandes máquinas vibradoras con rendimientos mayores a las 1000 unidades diarias; sin embargo la disponibilidad de este tipo de equipos en muchas zonas rurales es prácticamente nula. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Se fabrican también ladrillos y bloques de concreto utilizando moldes que permiten una compactación manual de la mezcla con ayudas de tacos metálicos o de madera; las unidades resultantes son de resistencia media (50 kg/cm², tipo II) y de bajo rendimiento en la fabricación. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

En este contexto para la viabilidad del nuestro proyecto, la implementación de un taller de mediana escala que permita la fabricación de unidades en la misma obra con los mayores rendimientos y estándares de calidad, se convierte en un factor importante, que parte del equipamiento y de un esquema de producción adecuado, que permita el trabajo en las zonas rurales, que garantice que la fabricación de elementos que alcancen la resistencia especificada y los menores costos de producción. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

2.2.3.1. REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO.

Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Exponen que la producción se define como la creación de bienes aptos para poder utilizarlos, para lo cual es necesario realizar

diversas actividades u operaciones. Para lo cual se recomienda cumplir con las siguientes condiciones:

En el proceso de la producción se debe tener claro los recursos a ser utilizados, el esquema de flujo de la fabricación y los patrones de calidad que garantice el mejor producto.

Para asegurar la calidad de los ladrillos de concreto se deberá controlar, durante la fabricación, la dosificación de los materiales de la mezcla definida, la cual se recomienda se efectúe por peso.

Una condición imprescindible que deben satisfacer los ladrillos de concreto es su uniformidad; no sólo en lo relativo a la constancia de sus dimensiones, especialmente su altura, sino también en cuanto a la densidad, calidad, textura superficial y acabado.

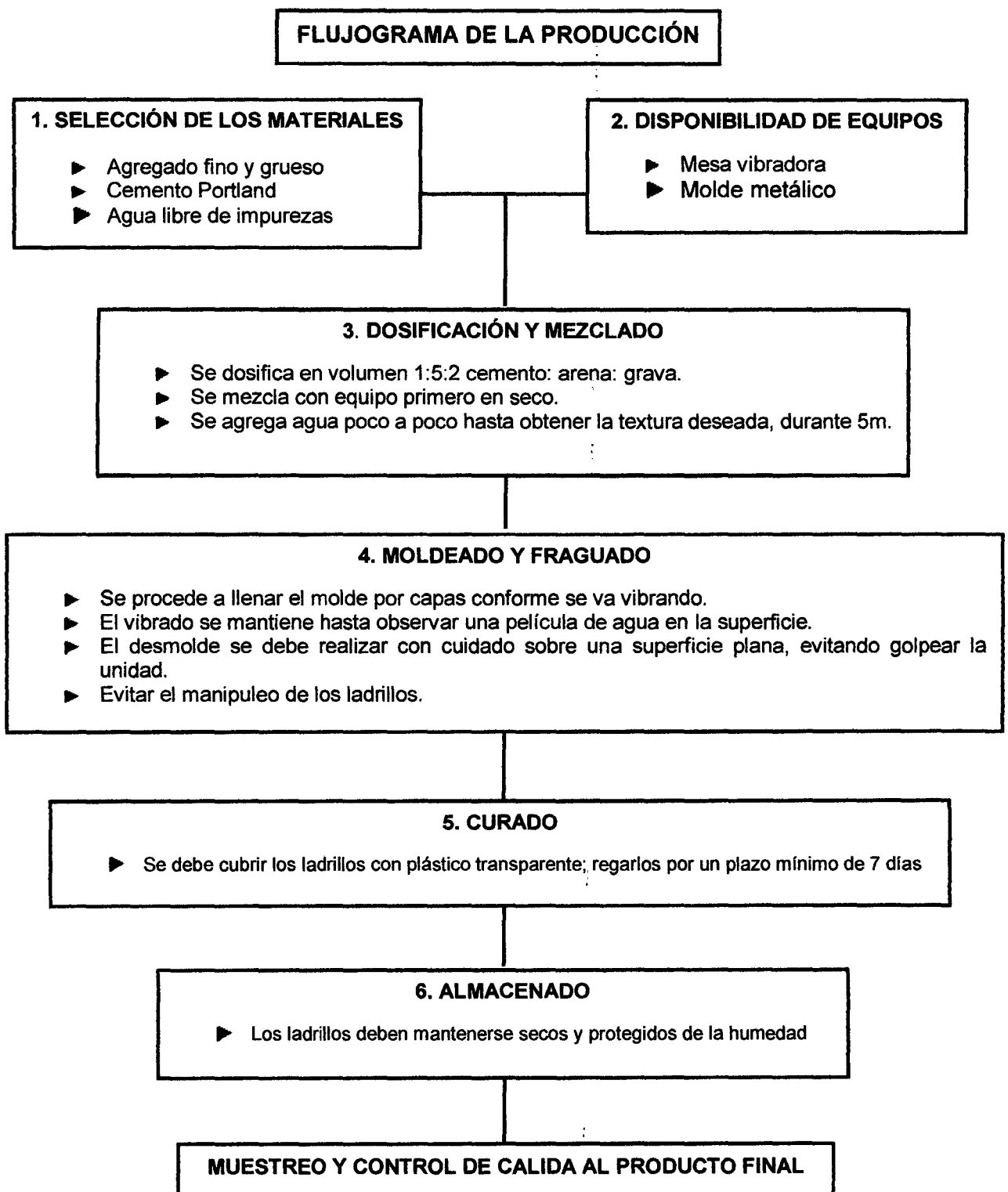
2.2.3.1.1. FLUJOGRAMA DE PRODUCCIÓN.

En todo proceso productivo de elementos para la construcción, se realizan una serie de actividades las cuales guardan estrecha relación entre sí; la calidad del producto final dependerá de que los diferentes procesos se realicen cumpliendo con los requisitos técnicos.

De la misma manera, en cada proceso desde las actividades iniciales hasta las finales, deben organizarse concatenadamente y por etapas claramente definidas, que concluyan en la elaboración del producto.

Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Expresan que en su caso el producto final es el ladrillo de concreto; la secuencia del desarrollo de las actividades de este proceso se ha denominado flujo de producción, el cual se indica a continuación:

FIGURA N° 2.2.1: FUJOGRAMA DE LA PRODUCCIÓN.



2.2.3.1.2. TALLER DE MEDIANA ESCALA.

El equipo adecuado para la fabricación de los ladrillos de concreto se da con una mesa vibradora, equipo que por el poco peso permite la facilidad del transporte y manipuleo y puede ser llevado a obra. Las mesas vibradoras constan esencialmente de una plataforma metálica, debajo de la cual se coloca el motor que transmite el efecto vibratorio a través de uno o varios accesorios (poleas, resortes, correas, etc.). El número y potencia de los motores y accesorios vibradores dependen del peso total a vibrar (peso del molde, de la mesa y de la masa del concreto) y se distribuye de una manera uniforme a lo largo de la mesa. En el caso que haya un solo motor, éste se coloca en el centro de la plataforma. El tamaño de las mesas es muy variable, según sean las dimensiones de los elementos a vibrar. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

Para, Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001, una producción a mediana escala puede adaptarse a las condiciones de trabajo que se dan en una obra, considerando que los equipos y herramientas pueden movilizarse sin inconvenientes.

2.2.3.1.2.1. IMPLEMENTACIÓN DE LOS EQUIPOS.

Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Proponen que para la implementación de un taller de mediana escala en la misma obra, que permita la fabricación de 300 ladrillos por día con una cuadrilla conformada por 1 Operario + 2 ayudantes, se necesita el siguiente equipo:

Mesa vibradora:

Una mesa vibradora de 1.2m x 0.6 m de 3HP y 1750 r.p.m., motor trifásico 220V y 60 hertz. Con la mesa vibradora puedan fabricarse un gran número de elementos constructivos tales como adoquines, block-grass, tubos, etc.

Molde metálico:

El molde metálico permite fabricar ladrillos de concreto de largo, ancho y altura variables. Los moldes metálicos tienen un mecanismo de expulsión constituido por una platina adosada a unas asas rotatorias. La caja del molde debe tener en la base, dimensiones ligeramente mayores que en la parte superior la cual facilita el desmoldaje. Debe limpiarse con petróleo después de cada jornada.

2.2.3.1.2.2. ÁREAS DE PRODUCCIÓN.

Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Indican que una producción a mediana escala móvil o estacionaria requiere contar con zonas apropiadas para las diferentes etapas de fabricación, éstas deberán ser niveladas con un terreno apisonado como mínimo y de conveniente accesos para camiones; se debe prever el abastecimiento de agua y fluido eléctrico.

Se debe ambientar una zona de 50 m² distribuida en:

- Zonas de materiales y agregado
- Zona de mezclado y fabricación
- Zona de desmolde
- Zona de curado y almacenado.

2.2.3.1.2.3. INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN.

Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Indican que para una producción de 500 ladrillos de concreto por día, con la misma mesa vibradora, se deberá contar con 2 moldes e incrementar el personal a 2 Operarios, manteniendo los mismos 2 ayudantes.

Cuadrilla:	2 operarios + 2 peones
Producción diaria:	500 ladrillos / día
Máquina empleada:	1 Mesa vibradora. + 2 Moldes metálicos.

2.2.3.2. INICIO DE LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO.

Según, Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001, una vez equipado el taller con las áreas especificadas y establecido el flujo de fabricación. Se puede dar inicio a la producción de ladrillos de concreto respetando la secuencia de fabricación especificada en los siguientes acápite:

2.2.3.2.1. DOSIFICACIÓN.

Dosificación es el término que se utiliza para definir las proporciones de agregados, agua y cemento que conforman la mezcla para la elaboración de la unidad. A partir de la bibliografía y experiencias pasadas se recomienda una óptima dosificación en volumen de: **1: 5: 2 cemento: arena: grava o 1: 4: 3 cemento: arena: grava.** Con una dosificación inicial de agua **1:1 (cemento: agua)**

La dosificación o proporcionamiento de los materiales se hará por volumen, utilizando latas, parihuelas o cajones de madera, carretillas o lampadas, tratando de evitar este último sistema.

2.2.3.2.2. MEZCLADO.

Mezclado manual.- Definido el proporcionamiento de la mezcla, se acarrea los materiales al área de mezclado. En primer lugar se dispondrá de arena, luego, encima el agregado grueso; seguidamente se agregará el cemento, realizando el mezclado en seco empleando lampa. Será preciso realizar por lo menos dos vueltas de los materiales. 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 luego mezclar todo uniformemente. La mezcla húmeda debe voltearse por lo menos tres vueltas.

Mezclado mecánico.- Para mezclar el material utilizando mezcladora (tipo trompo o de tolva) se debe iniciar mezclando previamente en seco el cemento y los agregados en el tambor, hasta obtener una mezcla de color uniforme; luego se agrega agua y se continua la mezcla húmeda durante 3 a 6 minutos. Si los agregados son muy absorbentes, incorporar a los agregados la mitad o los 2/3 partes de agua necesaria para la mezcla antes de añadir el cemento; finalmente agregar el cemento y el resto del agua, continuando la operación de 2 a 3 minutos.

2.2.3.2.3. MOLDEADO.

Obtenida la mezcla se procede a vaciarla dentro del molde metálico colocado sobre la mesa vibradora; el método de llenado se debe realizar en capas y con la ayuda de una varilla se puede acomodar la mezcla. El vibrado se mantiene hasta que aparezca una película de agua en la superficie, luego del mismo se retira el molde de la mesa y se lleva al área de fraguado, con la ayuda de pie y en forma vertical se desmolda el ladrillo.

2.2.3.2.4. FRAGUADO.

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

El periodo de fraguado debe ser de 4 a 8 horas, pero se recomienda dejar los ladrillos de un día para otro.

Si los ladrillos se dejarán expuestos al sol o a vientos fuertes se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea un secado prematuro, que reducirá la resistencia final de los ladrillos y provocará fisuramiento del concreto.

Luego de ese tiempo, los ladrillos pueden ser retirados y ser colocados en rumas para su curado.

2.2.3.2.5. CURADO.

El curado de los ladrillos consiste en mantener los ladrillos 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.

Los ladrillos se deben colocar en rumas de máximo cuatro unidades y dejando una separación horizontal entre ellas de dos centímetros, como mínimo, para que se puedan humedecer totalmente por todos los lados y se permitan la circulación de aire.

Para curar los ladrillos se riega 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. Se les puede cubrir con plásticos, papeles o costales húmedos para evitar que se evapore fácilmente el agua.

El curado se puede realizar también sumergiendo los ladrillos en un pozo o piscina llena de agua saturada con cal, durante un periodo de tres días. Lo más recomendado para el proceso de curado, y también para el almacenamiento, es hacer un entarimado de madera, que permita utilizar mejor el espacio y al mismo tiempo evitar daños en los ladrillos.

2.2.3.2.6. SECADO Y ALMACENAMIENTO.

La zona destinada para el almacenamiento de los ladrillos de concreto debe ser suficiente para mantener la producción de aproximadamente dos semanas y permitir que después del curado los ladrillos se sequen lentamente.

La zona de almacenamiento debe ser totalmente cubierta para que los ladrillos no se humedezcan con lluvia antes de los 28 días, que es su período de endurecimiento. Si no se dispone de una cubierta o techo, se debe proteger con plástico.

Aunque los ladrillos fabricados siguiendo todas las recomendaciones, presentan una buena resistencia, se debe tener cuidado en su manejo y transporte. Los ladrillos no se deben tirar, sino que deben ser manipulados y colocados de una manera organizada, sin afectar su forma final.

2.2.4. CONTROL DE CALIDAD DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.

De acuerdo a la norma de albañilería vigente NTP E.070 se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.

Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima. Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.

Según la NTP E.070, 2006, las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días, que se comprobará de acuerdo a la NTP 399.602.

2.2.4.1. CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES.

NTP E.070, 2006. Señala que para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la TABLA N° 1.

TABLA N° 2.2.1: CLASE 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	Hasta	Más de		
	100 mm	150 mm	150 mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17.6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	±4	±3	±2	4	4.9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	±7	±6	±4	8	2.0 (20)

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

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

Fuente: NTP E.070, 2006.

De acuerdo a la Norma Técnica ITINTEC 331.017, 1978, los ladrillos se clasifican en 5 tipos:

TIPO I: Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad muy baja; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencias 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 de baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse bajo condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo o agua).

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: 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.

2.2.4.2. LIMITACIONES EN LA APLICACIÓN DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.

Según la NTP E.070, 2006, el uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la TABLA N° 2. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTP E.030 Diseño Sismorresistente.

TABLA N° 2.2.2: 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	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	Sí	Sí
	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas de grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta dos pisos

*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fuente: NTP E.070, 2006.

2.2.4.3. ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.

Para conocer las características físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto es necesario hacer los ensayos que establece la **NTP 399.604, 2002: Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.**

2.2.4.3.1. MUESTREO.

La NTP 399.604, 2002. Establece que para propósito de los ensayos, unidades enteras de albañilería de concreto serán seleccionadas por el comprador y el vendedor de acuerdo a lo establecido por un método aceptado para el muestreo aleatorio que acuerden u opten. En todo caso las unidades deberán ser seleccionadas utilizando una tabla estadística de números aleatorios.

Los especímenes deberán ser representativos del lote total de unidades de los cuales han sido seleccionados. (NTP 399.604, 2002)

Para determinar la resistencia a compresión, variación dimensional, alabeo y absorción, se seleccionaran seis unidades de cada lote de 10 000 unidades o menos y 12 unidades de cada lote de más de 10 000 y menos de 100 000 unidades. Para lotes de más de 100 000 unidades, se seleccionaran seis unidades por cada 50 000 unidades o fracción. (NTP 399.604, 2002)

Se deberá marcar cada espécimen de manera que puedan ser identificados en cualquier momento. Las marcas cubrirán no más del 5% del área superficial del espécimen. (NTP 399.604, 2002)

2.2.4.3.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

La NTP 399.604, 2002. Dispone que de las seis unidades muestreadas, tres serán ensayadas en compresión. Después de la llegada al laboratorio serán almacenadas (no apiladas) en aire a una temperatura de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de menos de 80% por no menos de 48 horas. Si los resultados de compresión son requeridos prontamente, las unidades almacenadas serán sometidas a una corriente de aire proporcionada por un ventilador eléctrico que pase sobre ellas por un periodo no menor de 4 horas. Se continua hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de 2 horas muestren un incremento de pérdida del 0.2% del peso previo determinado del espécimen y hasta que ninguna

humedad o mancha de humedad sea visible sobre cualquiera de las superficies de la unidad. Los especímenes no serán sometidos a secado al horno.

Se debe refrentar las superficies de apoyo de las unidades por uno de los dos métodos: Refrentado con azufre-materiales granulares o Refrentado con yeso-cemento. Los métodos están especificados en la NTP 399.604, 2002.

Se debe ensayar los especímenes con el centroide de sus superficies de apoyo alineada con el centro de empuje de la rótula de la máquina de ensayo de compresión. (NTP 399.604, 2002)

La NTP 399.604, 2002, dice que para la velocidad de ensayo se debe aplicar la carga hasta la mitad de la máxima prevista a cualquier velocidad conveniente, después ajustar los controles de la máquina para dar un recorrido uniforme del cabezal móvil tal que la carga restante sea aplicada en no menos de 1 minuto y no más de 2 minutos.

La resistencia unitaria se expresa como el valor de la carga de rotura dividida entre el área bruta (unidades sólidas) o entre el área neta (unidades huecas). De acuerdo a la Norma NTP 399.604, para clasificar a la unidad por su resistencia característica (f_b), el resultado promedio (f_b) de los ensayos menos una desviación estándar debe ser mayor al límite inferior especificado por la Norma NTP E.070.

$$f_b = \frac{\text{Carga Max.}}{\text{Área Bruta}} \quad (\text{N}^\circ 1)$$

$$f'_b = f_b - \sigma \quad (\text{N}^\circ 2)$$

Donde:

f_b = Resistencia a compresión promedio (kg/cm²).

f'_b = Resistencia a la compresión característica kg/cm²).

σ = Desviación estándar.

2.2.4.3.3. VARIACIÓN DIMENSIONAL.

Para la determinación de la variación dimensional se debe medir todas las dimensiones de las unidades de albañilería con una regla de acero graduada en divisiones de 1.0 mm. (NTP 399.604, 2002)

La NTP 399.604, 2002, manda que se debe medir tres unidades enteras. Para cada unidad, se medirá y se registrará, el largo (L), ancho (A) y altura (H). Se toma como Dimensión Promedio (DP) la longitud promedio tomada en la parte media de las 4 caras de la unidad, utilizando la siguiente fórmula:

$$DP = \frac{D1+D2+D3+D4}{4} \quad (N^{\circ}3)$$

Donde:

DP = Dimensión Promedio (mm).

D1, D2, D3, D4 = Dimensiones medidas en la parte media de cada cara (mm).

Según la NTP 399.604, 2002, la variación dimensional esta expresada en porcentaje, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$V \% = \frac{DE-DP}{DE} * 100 \quad (N^{\circ}4)$$

Donde:

V % = Variación Dimensional (%).

DE = Dimensión especificada por el fabricante (mm).

DP = Dimensión promedio (mm).

2.2.4.3.4. ALABEO.

Se utilizaran 3 unidades enteras y este ensayo se realiza colocando la superficie de asiento de la unidad sobre una mesa plana, para luego introducir una cuña metálica graduada al 1.0 mm en la zona más alabeada dependiendo si es cóncava o convexa; también debe colocarse una regla que conecte los extremos

diagonalmente opuestos de la unidad, para después introducir la cuña en el punto de mayor deflexión. El alabeo de la unidad de albañilería será tomado como el valor promedio y se expresa en milímetros. (San Bartolomé 1994)

2.2.4.3.5. ABSORCIÓN.

La NTP 399.604, 2002, establece que se utilizarán 3 unidades enteras que hayan sido marcadas y registradas, para seguir con el siguiente procedimiento:

Sumergir los especímenes de prueba en agua a una temperatura de 15.6 °C a 26.7 °C por 24 horas. Sacar del agua y permitir el drenado por 1 minuto colocándolo en una malla de alambre más grueso de 9.5 mm, retirando el agua superficial visible con un paño húmedo, pesar y registrar como W_s (peso saturado).

Subsecuente a la saturación, secar los especímenes en un horno ventilado a 100 °C a 115 °C por no menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas muestren un incremento de la pérdida no mayor que 0.2 % del peso último previamente determinado del espécimen. Registrar el peso como W_d (peso secado al horno)

La balanza utilizada debe ser sensible dentro del 0.5% del peso del espécimen más pequeño probado.

La absorción esta expresada en porcentaje, según la siguiente fórmula:

$$A \% = \frac{W_s - W_d}{W_d} * 100 \quad (\text{N}^\circ 5)$$

Donde:

$A \% =$ Absorción promedio (%)

$W_s =$ Peso saturado (gr).

$W_d =$ Peso seco al Horno (gr).

2.2.5. ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD.

Según la NTP E.070, 2006, para la aceptación de la unidad se deben tomar en cuenta las siguientes especificaciones:

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

La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.

El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.

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.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Los términos básicos han sido extraídos de la Norma Técnica E.070 – ALBAÑILERÍA.

Albañilería o Mampostería. Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

Unidad de Albañilería. Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular.

Ladrillo. Es aquella "unidad de albañilería" cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano.

Bloque. Es aquella "unidad de albañilería" que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipule

Unidad de Albañilería Alveolar. Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados.

Unidad de Albañilería Apilable. Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero.

Unidad de Albañilería Hueca. 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.

Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza). 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.

Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta). Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.

Variación Dimensional. Porcentaje de variación de dimensiones especificadas por el productor con el promedio de las dimensiones reales de la unidad de albañilería.

Alabeo. Concavidad o convexidad presente en la unidad de albañilería.

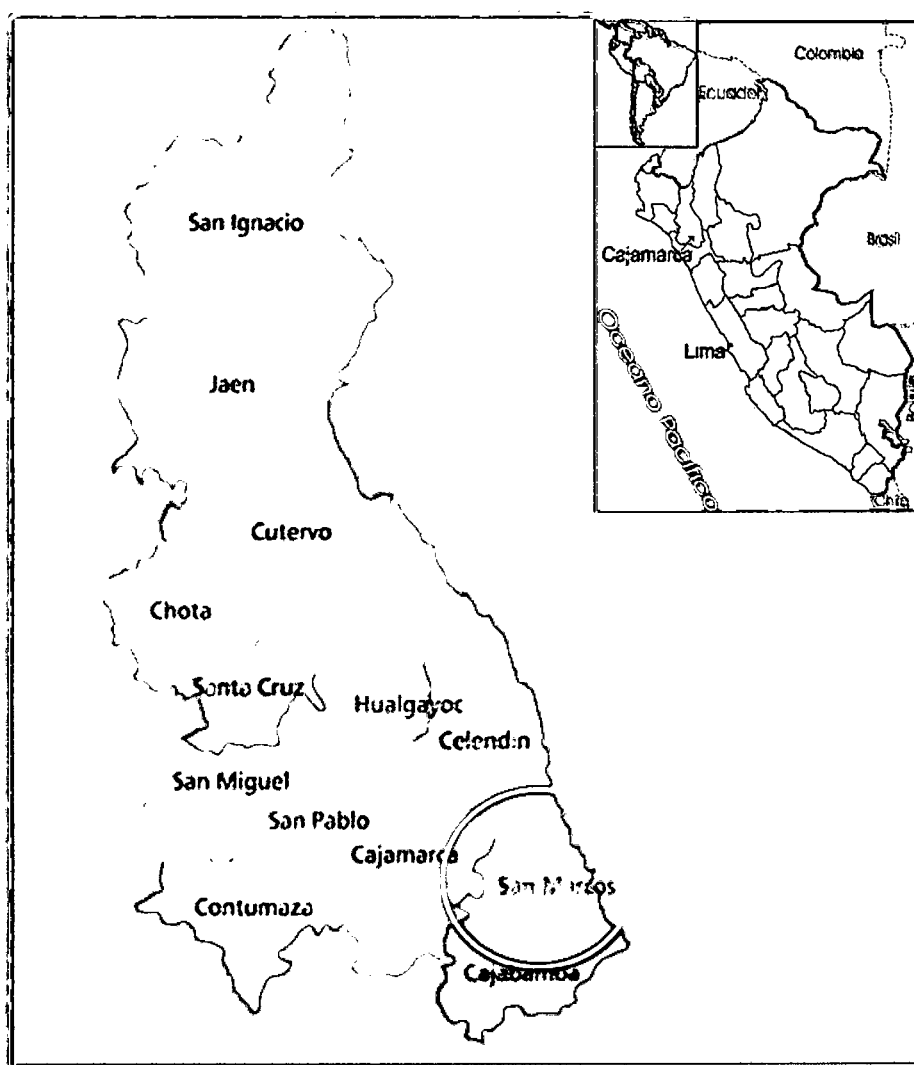
Absorción. Medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería.

La resistencia a la compresión. Definida como la carga máxima axial entre el área de la sección transversal.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.

La investigación se realizó en la ciudad de San Marcos capital de la provincia San Marcos; situada al sureste de la región ubicada a 60 Km. al sur de la ciudad de Cajamarca, con coordenadas UTM: 17M 812502 9188201 y una altitud de 2252 msnm, cuenta con un clima cálido-húmedo con una temperatura promedio anual de 18°-30°C y humedad relativa de 60-70%. Los ensayos necesarios para la investigación se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz”, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.

FIGURA N° 3.1: MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LA PROVINCIA DE SAN MARCOS



Fuente: <http://www.munisanmarcos.gob.pe>

3.1. MATERIALES Y EQUIPOS.

3.2.1. MATERIALES.

Ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos-Cajamarca

3.2.2. EQUIPOS.

Son necesarios para desarrollar la investigación, los siguientes equipos:

- ▶ 01 Cámara fotográfica.
- ▶ 01 Vernier de laboratorio graduado al 0.1 mm.
- ▶ 01 Regla metálica graduada al 1 mm.
- ▶ 01 Escuadra metálica graduada al 1 mm.
- ▶ 01 Balanza can capacidad de 1000 g y un aproximación de 1 g.
- ▶ 01 Horno ventilado de 110 °C – 115 °C.
- ▶ 01 Pozo para sumergir ladrillos en agua potable.
- ▶ 01 Máquina para ensayos de compresión simple

3.2. METODOLOGÍA.

3.2.1. HIPÓTESIS.

“Las características físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos – Cajamarca, sí cumplen con la Norma Técnica E.070 para clasificar como ladrillo Clase V.”

3.2.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES.

3.2.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.

- ▶ Ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos – Cajamarca.

3.2.2.1. VARIABLES DEPENDIENTES.

- ▶ Características físicas: variación dimensional, alabeo, absorción.
- ▶ Características mecánicas: resistencia a la compresión simple.

3.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

TABLA N° 3.2.1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	
		Indicador (variable intermedia)	Índice/ítem (variable empírica)
Características Físicas	Es una característica que puede ser estudiada usando los sentidos o algún instrumento específico de medida.	Variación Dimensional	%
		Alabeo	mm
		Absorción	%
Características Mecánicas	Es una característica que tienen que ver con el comportamiento de un material bajo fuerzas aplicadas	Resistencia a la Compresión	kg/cm ²

3.2.4. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

TABLA N° 3.2.2: TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque teórico metodológico	Cuantitativa
Objetivos (alcances)	Descriptiva
Fuente de datos	Primarios
Control en el diseño de la prueba	Experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde sucede	Campo
Intervención disciplinaria	Unidisciplinaria

3.2.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.5.1. POBLACIÓN.

La población corresponde a las ladrilleras de la ciudad de San Marcos que se dedican a la producción de ladrillos de concreto. En esta tesis de investigación se logró registrar la existencia de 14 ladrilleras en la ciudad, las cuales se encuentran registradas en la TABLA N° 3.3.

TABLA N° 3.2.3: POBLACIÓN

N°	Ladrillera	Propietario	Ubicación	Producción/mes	Coordenadas UTM. Zona 17M
01	MACHUCA	José Machuca Salirrosas	Av. Cajamarca N° 727	10000	X: 811675m E Y: 9190543m S
02	SOTO	Wilmer Soto Vásquez	Av. Cajamarca N° 652	8000	X: 811887m E Y: 9190527m S
03	SAN MARCOS	Vanesa Tufino Pablo	Av. Primavera N° 591	15000	X: 812668m E Y: 9189735m S
04	SAN JOSÉ	Alberto Abanto Faichín	El Pedregal – La Huaylla	12000	X: 812810m E Y: 9190292m S
05	EDUAR Y CIELO	Anais Goicochea López	Av. Amorín Bueno S/N	15000	X: 812243m E Y: 9188665m S
06	EL GLOBITO	Luis Mariñas Cruzado	Jr. Alfonso Ugarte N° 112	10000	X: 812375m E Y: 9188483m S
07	CABRERA	Maritza Cabrera Abanto	Jr. Alfonso Ugarte N° 061	4000	X: 812520m E Y: 9188488m S
08	AGUILAR	Rosa Aguilar	Jr. Alfonso Ugarte S/N	15000	X: 812264m E Y: 9188415m S
09	BAUTISTA	José Bautista Cerdán	Jr. Leoncio Prado S/N	6000	X: 812737m E Y: 9188923m S
10	SALIRROSAS	José Salirrosas Chuan	Jr. Leoncio Prado S/N	8000	X: 812688m E Y: 9189994m S
11	LEZAMA	Vanesa Lezama Aguilar	Av. Vía de Evitamiento S/N	10000	X: 813072m E Y: 9188331m S
12	ARIANAS	Doris Soledad Chomba	Av. Vía de Evitamiento S/N	3000	X: 813237m E Y: 9188376m S
13	MELÉNDEZ	Orlando Meléndez Paredes	Av. Vía de Evitamiento S/N	10000	X: 813612m E Y: 9188437m S
14	CASTAÑEDA	Santos Castañeda Arroyo	El Cedro (parte baja)	12000	X: 814027m E Y: 9188354m S

3.2.5.2. MUESTRA.

Para la presente tesis de investigación se tomó como muestra, por juicio o conveniencia, a un total de 5 ladrilleras de las 14 ladrilleras existentes registradas en la ciudad de San Marcos. Estas 5 ladrilleras fueron seleccionadas mediante sorteo aleatorio. Las ladrilleras seleccionadas se muestran en la TABLA N°: 3.4.

TABLA N° 3.2.4: MUESTRA

Muestra	Ladrillera	Propietario	Ubicación	Producción/m²	Coordenadas UTM. Zona 17M^s
A	MACHUCA	José Machuca Salirrosas	Av. Cajamarca N° 727	10000	X: 811675m E Y: 9190543m S
B	SAN MARCOS	Vanesa Tufino Pablo	Av. Primavera N° 591	15000	X: 812668m E Y: 9189735m S
C	EL GLOBITO	Luis Mariñas Cruzado	Jr. Alfonso Ugarte N° 112	10000	X: 812375m E Y: 9188483m S
D	SALIRROSAS	José Salirrosas Chuan	Jr. Leoncio Prado S/N	8000	X: 812688m E Y: 9189994m S
E	CASTAÑEDA	Santos Castañeda Arroyo	El Cedro (parte baja)	12000	X: 814027m E Y: 9188354m S

3.2.5.3. UNIDAD DE ANÁLISIS.

La unidad de análisis son los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos. En la presente tesis de investigación se seleccionaron y evaluaron un total de 10 ladrillos de concreto para cada ensayo correspondiente.

La norma NTP 399.604, 2002, establece que el muestreo para la aceptación de un lote de más de 10 000 unidades de ladrillo de concreto se debe seleccionar 12 unidades, las cuales servirán para los ensayos correspondientes, 6 unidades para determinar resistencia a la compresión y 6 unidades para los otros ensayos (ver apartado 2.2.4.3.1.).

3.2.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

3.2.6.1. RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.2.6.1.1. MUESTREO.

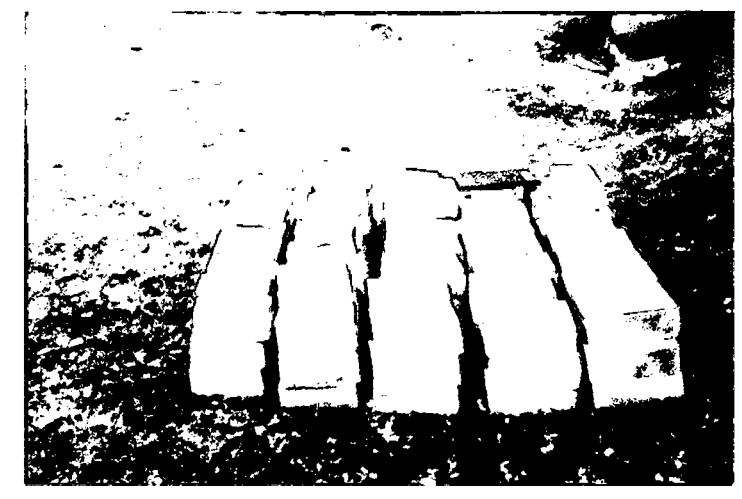
Para la investigación se comenzó con la recopilación de datos; realizado la localización de las ladrilleras, se procedió a empadronarlas con un minucioso trabajo de campo, precisando la ubicación y volumen de producción mensual de las 14 ladrilleras registradas.

FIGURA N° 3.2.1: FABRICACIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE SAN MARCOS-CAJAMARCA



Una vez registradas las ladrilleras existentes en la ciudad, se decidió tomar una muestra representativa de 5 ladrilleras seleccionadas aleatoriamente mediante sorteo, para realizar los estudios necesarios de la investigación y así determinar las características físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos.

FIGURA N° 3.2.2: MUESTRAS DE LADRILLOS DE CONCRETO SELECCIONADAS.



Luego de elegir las muestras se procedió a seleccionar las unidades de análisis de cada ladrillera, se escogieron 20 ladrillos de concreto seleccionados aleatoriamente, los cuales fueron trasladados al Laboratorio de Ensayo de Materiales "Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz", Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, donde se hicieron los ensayos correspondientes.

FIGURA N° 3.2.3: IDENTIFICACIÓN Y MARCADO DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO.

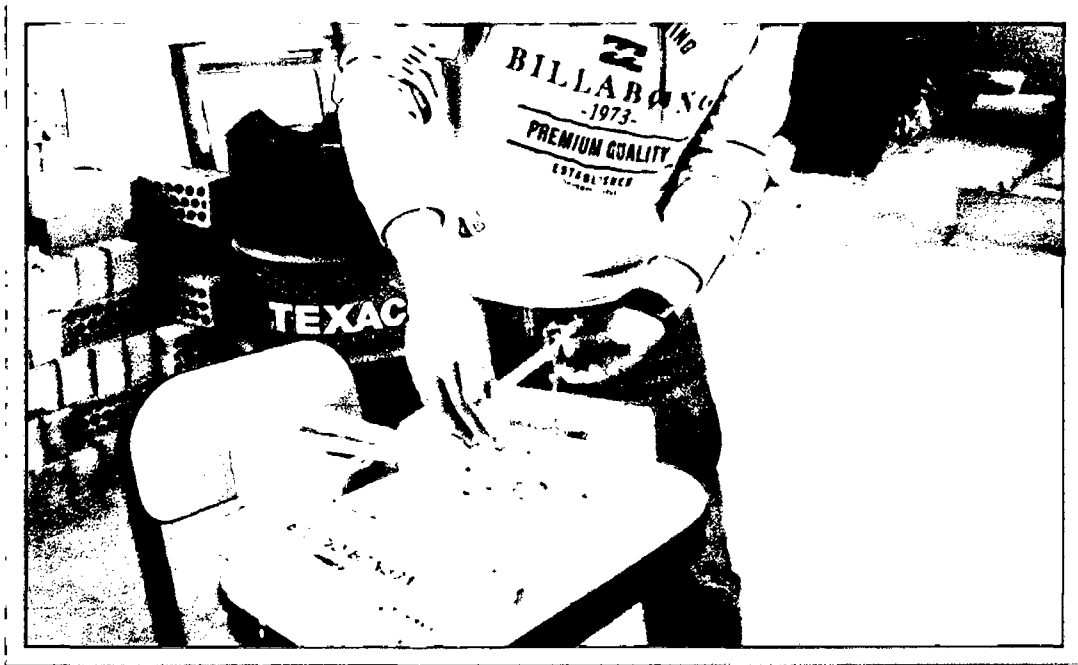


3.2.6.1.2. VARIACIÓN DIMENSIONAL.

El ensayo de variación dimensional de los ladrillos de concreto, se desarrolló en base a las especificaciones de la norma NTP 399.604, 2002, donde se recomienda ensayar 3 especímenes por cada lote de 10 000 unidades. En tal sentido, para la presente tesis de investigación se procedió a ensayar un total de 50 especímenes, 10 especímenes por cada ladrillera seleccionada como muestra.

El ensayo de variación dimensional se desarrolló siguiendo el procedimiento descrito anteriormente (ver apartado 2.2.4.3.3) y se hizo uso de las fórmulas: N°3 y N° 4, necesarias para obtener los resultados requeridos.

FIFURA N° 3.2.4: MEDICIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL LADRILLO DE CONCRETO.

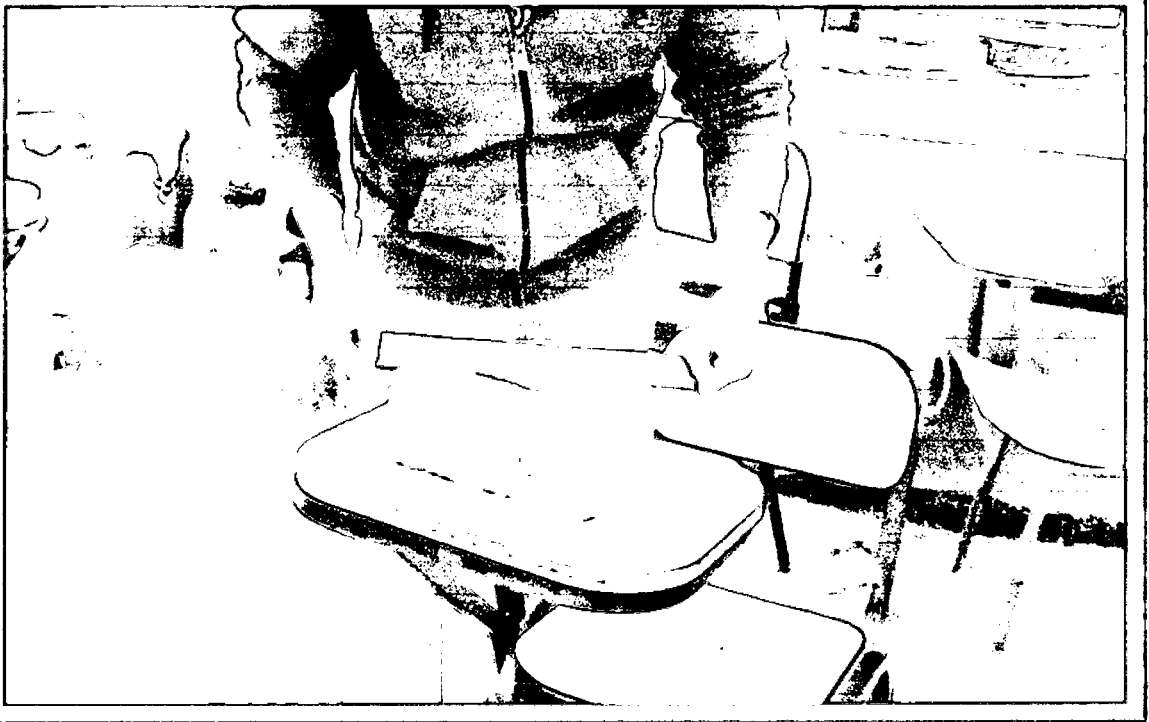


Los resultados se muestran en las tablas del apartado 3.3.1.

3.2.6.1.3. ALABEO.

El ensayo para determinar el alabeo de la unidad, se desarrolló siguiendo el procedimiento descrito anteriormente (ver apartado 2.2.4.3.4), donde se recomienda ensayar 3 especímenes por cada lote de 10 000 unidades; en tal sentido, para la presente tesis de investigación se decidió ensayar un total de 50 especímenes, 10 especímenes por cada ladrillera seleccionada como muestra.

FIGURA N° 3.2.5: MEDICIÓN DEL ALABEO DEL LADRILLO DE CONCRETO.

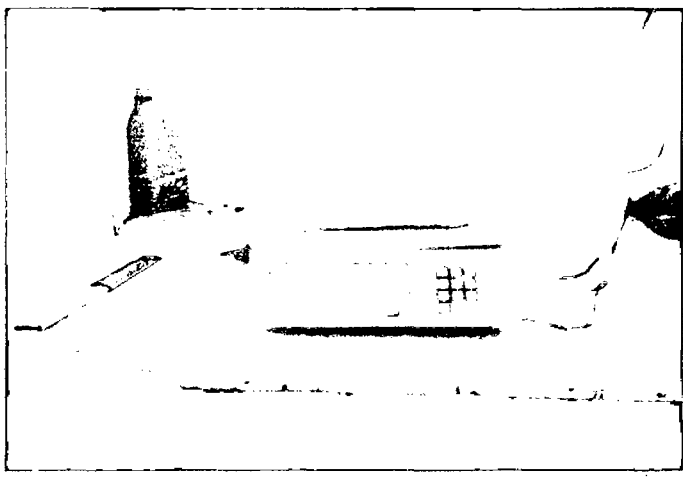


Los resultados se muestran en las tablas del apartado 3.3.2.

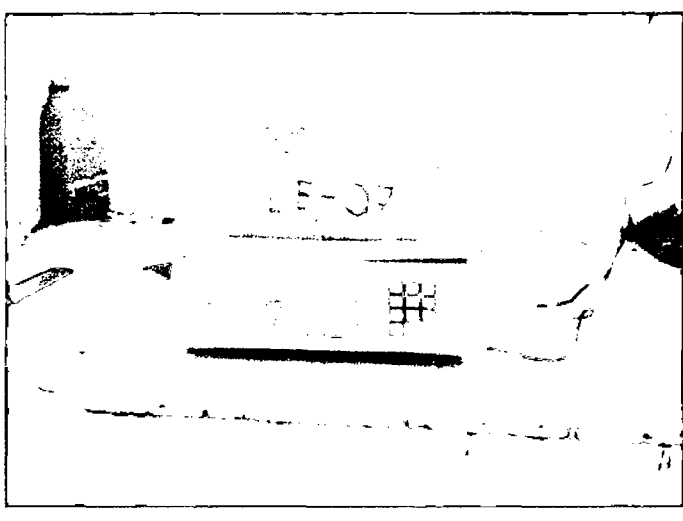
3.2.6.1.4. ABSORCIÓN.

El ensayo de absorción del ladrillo de concreto, se desarrolló en base a las especificaciones de la norma NTP 399.604, 2002, donde se recomienda ensayar 3 especímenes por cada lote de 10 000 unidades; en tal sentido, para la presente tesis de investigación se decidió ensayar un total de 50 especímenes, 10 especímenes por cada ladrillera seleccionada como muestra.

El ensayo de absorción se desarrolló siguiendo el procedimiento lo descrito anteriormente (ver apartado 2.2.4.3.5) y se hizo uso de la fórmula N° 5, necesaria para obtener los resultados requeridos.



**FIGURA N° 3.2.6:
REGISTRO DEL PESO
SECO AL HORNO DEL
LADRILLO DE
CONCRETO.**



**FIGURA N° 3.2.7:
REGISTRO DEL PESO
SATURADO
SUPERFICIALMENTE
SECO DEL LADRILLO DE
CONCRETO.**

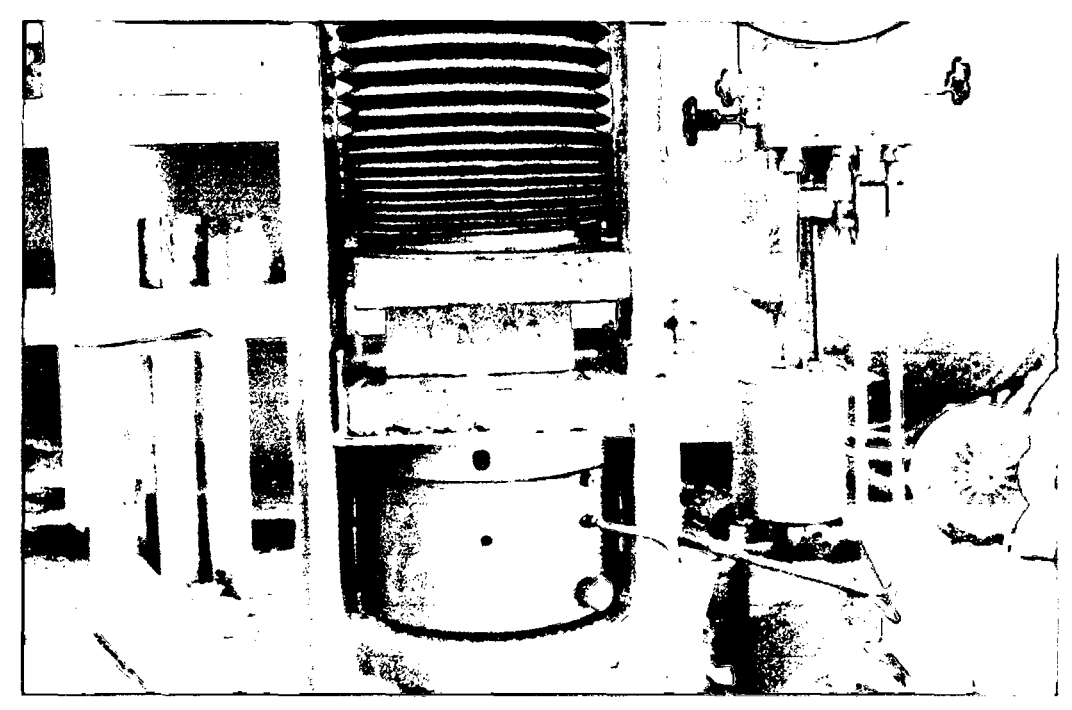
Los resultados se muestran en las tablas del apartado 3.3.3.

3.2.6.1.5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

El ensayo de compresión de la unidad, se desarrolló en base a las especificaciones de la norma NTP 399.604, 2002, donde se recomienda ensayar 3 especímenes por cada lote de 10 000 unidades; en tal sentido, para la presente tesis de investigación se decidió ensayar un total de 50 especímenes, 10 especímenes por cada ladrillera seleccionada como muestra.

El ensayo de resistencia a la compresión se desarrolló siguiendo el procedimiento descrito anteriormente (ver apartado 2.2.4.3.2) y se hizo uso de las fórmulas: N° 1 y N° 2, necesarias para obtener los resultados requeridos.

FIGURA N°3.2.8: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO



Los resultados se muestran en las tablas del apartado 3.3.4.

3.2.6.2. TRATAMIENTO DE DATOS.

Se ha realizado el análisis e interpretación de resultados de los ensayos físicos y mecánicos de la muestra de ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos-Cajamarca, comparándolos con lo establecido en la Norma Técnica E0.70, 2006.

Para el tratamiento de datos y la elaboración de tablas se ha utilizado hojas de cálculo en el software Microsoft office Excel 2013 y para la presentación de planos y mapas se utilizó el software Auto CAD 2012.

3.3. ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Luego de evaluar las características físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos, se presentan a continuación los resultados obtenidos.

3.3.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL.

Los resultados de variación dimensional obtenidos de las 5 ladrilleras tomadas como muestra en la presente tesis de investigación, se presentan a continuación.

3.3.1.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL: MUESTRA A.

TABLA N° 3.3.1: VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LARGO DE LA UNIDAD – MUESTRA A.

Espécimen	Largo (mm)				
	L1	L2	L3	L4	L _{prom}
LA-1	228.5	231.7	232.2	231.8	231.1
LA-2	229.2	232.4	234.5	232.1	232.1
LA-3	231.3	232.1	233.5	232.7	232.4
LA-4	228.7	232.3	231.4	231.7	231.0
LA-5	229.8	228.5	231.8	232.2	230.6
LA-6	228.7	229.2	232.5	233.2	230.9
LA-7	228.4	232.1	231.2	230.5	230.6
LA-8	229.2	231.2	233.3	229.2	230.7
LA-9	228.4	234.1	234.7	229.3	231.6
LA-10	228.7	229.2	233.4	231.1	230.6
Dimensión Promedio (mm)					231.2
Dimensión Especificada por Fabricante (mm)					230.0
Variación Dimensional (V %)					-0.50

TABLA N° 3.3.2: VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL ANCHO DE LA UNIDAD – MUESTRA A.

Espécimen	Ancho (mm)				
	A1	A2	A3	A4	A _{prom}
LA-1	133.6	133.6	134.8	132.3	133.6
LA-2	132.4	132.5	134.3	133.9	133.3
LA-3	130.6	131.1	132.4	131.8	131.5
LA-4	132.9	131.6	133.4	132.7	132.7
LA-5	129.9	131.6	134.2	130.4	131.5
LA-6	130.5	131.6	133.8	130.9	131.7
LA-7	131.7	132.4	134.2	132.6	132.7
LA-8	132.2	132.3	134.1	133.7	133.1
LA-9	130.1	131.7	133.4	132.2	131.9
LA-10	128.9	130.5	132.3	130.8	130.6
Dimensión Promedio (mm)					132.2
Dimensión Especificada por Fabricante (mm)					130.0
Variación Dimensional (V %)					-1.73

**TABLA N° 3.3.3: VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA ALTURA DE LA UNIDAD
- MUESTRA A.**

Espécimen	Altura (mm)				
	H1	H2	H3	H4	H _{prom}
LA-1	98.9	94.4	94.7	98.5	96.6
LA-2	95.1	91.2	95.8	96.1	94.6
LA-3	98.1	99.2	96.8	98.3	98.1
LA-4	96.8	96.7	97.4	96.7	96.9
LA-5	97.6	97.7	96.5	97.4	97.3
LA-6	96.9	97.2	98.6	98.4	97.8
LA-7	94.4	96.3	95.5	95.1	95.3
LA-8	94.1	98.7	93.3	93.6	94.9
LA-9	97.2	95.3	97.1	99.9	97.4
LA-10	98.9	97.1	98.4	100.3	98.7
Dimensión Promedio (mm)					96.8
Dimensión Especificada por Fabricante (mm)					100.0
Variación Dimensional (V %)					3.25

**TABLA N° 3.3.4: RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DIMENSIONAL -
MUESTRA A**

	Largo	Ancho	Altura
Dimensión Promedio (mm)	231.2	132.2	96.8
Dimensión Especificada (mm)	230.0	130.0	100.0
Variación Dimensional (V %)	-0.50	-1.73	3.25

3.3.1.2. VARIACIÓN DIMENSIONAL: MUESTRA B.

TABLA N° 3.3.5: VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LARGO DE LA UNIDAD – MUESTRA B

Espécimen	Largo (mm)				
	L1	L2	L3	L4	L _{prom}
LB-1	237.4	239.8	242.3	241.7	240.3
LB-2	240.3	242.7	239.8	242.5	241.3
LB-3	238.5	239.7	241.2	239.2	239.7
LB-4	239.2	238.7	240.5	239.8	239.6
LB-5	238.3	239.4	241.5	241.2	240.1
LB-6	241.5	241.2	242.3	242.2	241.8
LB-7	242.3	241.5	243.4	241.1	242.1
LB-8	238.3	239.1	240.3	239.7	239.4
LB-9	238.5	239.1	240.3	238.7	239.2
LB-10	239.2	241.5	242.1	239.5	240.6
Dimensión Promedio					240.4
Dimensión Especificada por Fabricante					240.0
Variación Dimensional (V %)					-0.16

TABLA N° 3.3.6: VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL ANCHO DE LA UNIDAD – MUESTRA B.

Espécimen	Ancho (mm)				
	A1	A2	A3	A4	A _{prom}
LB-1	142.3	143.5	144.3	141.9	143.0
LB-2	141.3	142.7	142.1	140.3	141.6
LB-3	142.3	143.1	143.2	141.6	142.6
LB-4	140.1	141.4	142.5	141.2	141.3
LB-5	141.2	143.6	143.2	141.2	142.3
LB-6	140.1	146.1	144.8	140.3	142.8
LB-7	140.1	141.1	142.2	142.3	141.4
LB-8	140.7	139.9	142.8	142.3	141.4
LB-9	142.2	143.1	144.9	141.5	142.9
LB-10	140.8	141.7	141.5	139.9	141.0
Dimensión Promedio					142.0
Dimensión Especificada por Fabricante					140.0
Variación Dimensional (V %)					-1.45

**TABLA N° 3.3.7: VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA ALTURA DE LA UNIDAD
- MUESTRA B.**

Espécimen	Altura (mm)				H _{prom}
	H1	H2	H3	H4	
LB-1	105.6	103.2	102.5	105.1	104.1
LB-2	104.2	103.1	102.9	103.8	103.5
LB-3	104.3	104.9	103.7	105.4	104.6
LB-4	99.7	101.8	104.4	103.8	102.4
LB-5	103.1	103.9	101.9	103.3	103.1
LB-6	104.8	104.9	101.2	102.1	103.3
LB-7	104.3	105.2	105.6	104.4	104.9
LB-8	103.1	104.3	103.7	103.2	103.6
LB-9	104.5	103.8	105.6	105.9	105.0
LB-10	100.1	99.7	101.8	103.2	101.2
Dimensión Promedio					103.6
Dimensión Especificada por Fabricante					100.0
Variación Dimensional (V %)					-3.55

**TABLA N° 3.3.8: RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DIMENSIONAL -
MUESTRA B.**

	Largo	Ancho	Altura
Dimensión Promedio	240.4	142.0	103.6
Dimensión Especificada	240.0	140.0	100.0
Variación Dimensional (V %)	-0.16	-1.45	-3.55

3.3.1.3. VARIACIÓN DIMENSIONAL: MUESTRA C.

TABLA N° 3.3.9: VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LARGO DE LA UNIDAD – MUESTRA C:

Espécimen	Largo (mm)				
	L1	L2	L3	L4	L _{prom}
LC-1	227.5	228.8	229.6	229.9	229.0
LC-2	227.9	228.5	231.2	229.5	229.3
LC-3	227.5	223.1	234.5	231.5	229.2
LC-4	227.5	232.4	236.1	231.6	231.9
LC-5	226.2	228.7	233.4	231.2	229.9
LC-6	226.5	229.2	232.3	233.2	230.3
LC-7	229.1	229.5	233.5	231.1	230.8
LC-8	227.2	229.3	231.4	228.7	229.2
LC-9	226.4	230.3	229.8	231.0	229.4
LC-10	227.7	229.8	233.7	232.2	230.9
Dimensión Promedio					230.0
Dimensión Especificada por Fabricante					230.0
Variación Dimensional (V %)					0.02

TABLA N° 3.3.10: VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL ANCHO DE LA UNIDAD – MUESTRA C.

Espécimen	Ancho (mm)				
	A1	A2	A3	A4	A _{prom}
LC-1	132.5	133.8	134.9	132.2	133.4
LC-2	132.4	134.1	135.7	133.3	133.9
LC-3	133.9	136.6	136.4	132.7	134.9
LC-4	130.8	134.1	132.2	131.9	132.3
LC-5	132.7	133.4	137.1	135.9	134.8
LC-6	132.4	131.7	133.8	133.4	132.8
LC-7	131.3	133.2	135.2	132.1	133.0
LC-8	133.9	134.4	135.5	135.3	134.8
LC-9	134.3	134.2	136.2	136.3	135.3
LC-10	132.5	133.8	134.4	134.4	133.8
Dimensión Promedio					133.9
Dimensión Especificada por Fabricante					130.0
Variación Dimensional (V %)					-2.98

TABLA N° 3.3.11: VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA ALTURA DE LA UNIDAD – MUESTRA C.

Espécimen	Altura (mm)				H _{prom}
	H1	H2	H3	H4	
LC-1	96.6	95.2	96.9	95.9	96.2
LC-2	97.9	94.7	96.1	95.9	96.2
LC-3	95.3	97.3	96.3	96.5	96.4
LC-4	97.2	98.4	100.5	99.6	98.9
LC-5	97.4	99.2	97.3	98.8	98.2
LC-6	98.1	95.4	97.6	97.1	97.1
LC-7	94.9	96.6	96.4	98.8	96.7
LC-8	97.1	97.2	99.2	97.2	97.7
LC-9	95.4	94.6	95.9	96.1	95.5
LC-10	98.3	97.8	98.6	97.6	98.1
Dimensión Promedio					97.1
Dimensión Especificada por Fabricante					100.0
Variación Dimensional (V %)					2.93

TABLA N° 3.3.12: RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DIMENSIONAL - MUESTRA C.

	Largo	Ancho	Altura
Dimensión Promedio	230.0	133.9	97.1
Dimensión Especificada	230.0	130.0	100.0
Variación Dimensional (V %)	0.02	-2.98	2.93

3.3.1.4. VARIACIÓN DIMENSIONAL: MUESTRA D.

**TABLA N° 3.3.13: VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LARGO DE LA UNIDAD
– MUESTRA D.**

Espécimen	Largo (mm)				
	L1	L2	L3	L4	L _{prom}
LD-1	239.5	239.2	241.2	239.7	239.9
LD-2	238.5	239.7	242.5	241.3	240.5
LD-3	241.2	241.3	242.5	239.8	241.2
LD-4	240.5	239.7	243.1	240.5	241.0
LD-5	239.5	238.7	243.2	239.5	240.2
LD-6	241.2	240.3	242.5	241.1	241.3
LD-7	241.2	238.7	242.5	239.3	240.4
LD-8	238.7	239.2	241.3	239.7	239.7
LD-9	239.1	238.5	242.3	239.7	239.9
LD-10	239.5	240.7	242.1	240.3	240.7
Dimensión Promedio					240.5
Dimensión Especificada por Fabricante					240.0
Variación Dimensional (V %)					-0.20

**TABLA N° 3.3.14: VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL ANCHO DE LA UNIDAD
– MUESTRA D.**

Espécimen	Ancho (mm)				
	A1	A2	A3	A4	A _{prom}
LD-1	141.8	140.8	143.2	143.1	142.2
LD-2	142.2	140.9	143.2	142.9	142.3
LD-3	140.3	140.6	143.7	143.4	142.0
LD-4	140.7	141.2	142.6	143.5	142.0
LD-5	141.5	142.2	144.6	140.9	142.3
LD-6	140.9	141.7	143.4	141.5	141.9
LD-7	140.4	141.1	142.7	142.2	141.6
LD-8	141.8	140.9	143.7	143.4	142.5
LD-9	140.8	141.1	143.2	143.1	142.1
LD-10	142.2	140.7	142.9	141.8	141.9
Dimensión Promedio					142.1
Dimensión Especificada por Fabricante					140.0
Variación Dimensional (V %)					-1.48

TABLA N° 3.3.15: VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA ALTURA DE LA UNIDAD – MUESTRA D.

Especimen	Altura (mm)				H _{prom}
	H1	H2	H3	H4	
LD-1	99.7	98.6	100.9	101.8	100.3
LD-2	98.3	100.9	101.7	103.3	101.1
LD-3	101.1	99.2	100.5	102.1	100.7
LD-4	99.4	98.5	100.2	101.3	99.9
LD-5	100.3	103.1	101.5	99.8	101.2
LD-6	101.1	101.9	100.7	100.3	101.0
LD-7	100.7	101.5	101.8	102.7	101.7
LD-8	100.2	100.6	100.3	102.1	100.8
LD-9	100.6	101.1	101.6	102.6	101.5
LD-10	99.5	100.1	101.9	101.1	100.7
Dimensión Promedio					100.9
Dimensión Especificada por Fabricante					100.0
Variación Dimensional (V %)					-0.86

TABLA N° 3.3.16: RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DIMENSIONAL - MUESTRA D.

	Largo	Ancho	Altura
Dimensión Promedio	240.5	142.1	100.9
Dimensión Especificada	240.0	140.0	100.0
Variación Dimensional (V %)	-0.20	-1.48	-0.86

3.3.1.5. VARIACIÓN DIMENSIONAL: MUESTRA E.

**TABLA N° 3.3.17: VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LARGO DE LA UNIDAD
– MUESTRA E:**

Espécimen	Largo (mm)				
	L1	L2	L3	L4	L _{prom}
LE-1	239.2	241.3	238.5	237.2	239.1
LE-2	238.3	239.3	240.2	238.5	239.1
LE-3	241.3	241.2	239.5	241.4	240.9
LE-4	238.5	239.2	242.3	239.8	240.0
LE-5	237.3	238.2	242.5	238.7	239.2
LE-6	238.5	239.2	243.4	238.5	239.9
LE-7	238.5	239.4	243.2	239.1	240.1
LE-8	239.3	239.8	243.2	238.7	240.3
LE-9	238.2	242.5	238.2	239.4	239.6
LE-10	238.7	241.2	240.2	238.3	239.6
Dimensión Promedio					239.7
Dimensión Especificada por Fabricante					240.0
Variación Dimensional (V %)					0.11

**TABLA N° 3.3.18: VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL ANCHO DE LA UNIDAD
– MUESTRA E.**

Espécimen	Ancho (mm)				
	A1	A2	A3	A4	A _{prom}
LE-1	141.5	141.1	142.3	143.6	142.1
LE-2	141.8	144.7	142.5	140.5	142.4
LE-3	142.7	141.8	143.8	144.2	143.1
LE-4	140.6	140.1	143.3	141.1	141.3
LE-5	140.8	141.1	142.6	140.4	141.2
LE-6	140.6	141.4	141.8	141.3	141.3
LE-7	140.5	140.9	141.8	140.6	141.0
LE-8	140.6	140.6	142.8	140.8	141.2
LE-9	140.3	140.7	144.2	141.2	141.6
LE-10	141.2	140.9	142.8	141.7	141.7
Dimensión Promedio					141.7
Dimensión Especificada por Fabricante					140.0
Variación Dimensional (V %)					-1.20

TABLA N° 3.3.19: VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA ALTURA DE LA UNIDAD – MUESTRA E.

Espécimen	Altura (mm)				
	H1	H2	H3	H4	H _{prom}
LE-1	100.7	101.3	103.4	101.5	101.7
LE-2	101.8	101.6	100.2	102.4	101.5
LE-3	102.3	102.8	98.9	101.7	101.4
LE-4	101.3	101.2	101.6	101.3	101.4
LE-5	101.6	100.9	101.1	100.5	101.0
LE-6	104.4	101.7	98.6	100.6	101.3
LE-7	99.9	100.8	98.8	100.7	100.1
LE-8	101.4	101.9	102.2	102.9	102.1
LE-9	99.3	101.2	103.4	102.2	101.5
LE-10	102.1	102.3	100.8	101.1	101.6
Dimensión Promedio					101.4
Dimensión Especificada por Fabricante					100.0
Variación Dimensional (V %)					-1.36

TABLA N° 3.3.20: RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DIMENSIONAL - MUESTRA E.

	Largo	Ancho	Altura
Dimensión Promedio	239.7	141.7	101.4
Dimensión Especificada	240.0	140.0	100.0
Variación Dimensional (V %)	0.11	-1.20	-1.36

3.3.2. ALABEO.

Los resultados del ensayo de alabeo obtenidos de las 5 ladrilleras tomadas como muestra en la presente tesis de investigación, se presentan a continuación.

3.3.2.1. ALABEO: MUESTRA A.

TABLA N° 3.3.21: ALABEO - MUESTRA A

Espécimen	Cara A		Cara B		Alabeo (mm)
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	
LA-1	1.7	0.0	1.2	0.0	1.7
LA-2		1.2	1.1		1.2
LA-3	1.2			1.7	1.7
LA-4	0.9			1.7	1.7
LA-5		1.7		1.8	1.8
LA-6		1.2		1.7	1.7
LA-7		2.1	1.7		2.1
LA-8		1.2		3.4	3.4
LA-9		1.7	1.8		1.8
LA-10		2.1		2.4	2.4
Alabeo promedio (mm)					2.0

3.3.2.2. ALABEO: MUESTRA B.

TABLA N° 3.3.22: ALABEO - MUESTRA B

Espécimen	Cara A		Cara B		Alabeo (mm)
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	
LB-1		1.5		1.8	1.8
LB-2		2.1	1.2		2.1
LB-3		1.7		3.1	3.1
LB-4		2.1	2.1		2.1
LB-5		1.5	2.0		2.0
LB-6		2.0	1.5		2.0
LB-7		1.5	1.1		1.5
LB-8		1.5		1.5	1.5
LB-9		2.0	1.0		2.0
LB-10		1.5		2.0	2.0
Alabeo promedio (mm)					2.0

3.3.2.3. ALABEO: MUESTRA C.

TABLA N° 3.3.23: ALABEO - MUESTRA C

Espécimen	Cara A		Cara B		Alabeo (mm)
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	
LC-1		1.2	1.7		1.7
LC-2		1.1		2.1	2.1
LC-3	0.7			2.5	2.5
LC-4		1.4		3.0	3.0
LC-5		2.5	1.5		2.5
LC-6	1.0		1.7		1.7
LC-7		1.2	1.6		1.6
LC-8		1.3	2.2		2.2
LC-9	1.1			2.5	2.5
LC-10	1.2		1.8		1.8
Alabeo promedio (mm)					2.2

3.3.2.4. ALABEO: MUESTRA D.

TABLA N° 3.3.24: ALABEO - MUESTRA D

Espécimen	Cara A		Cara B		Alabeo (mm)
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	
LD-1		1.0		3.1	3.1
LD-2	1.0		1.0		1.0
LD-3		2.0	2.0		2.0
LD-4		1.0		2.0	2.0
LD-5		1.0	1.0		1.0
LD-6		2.0	2.0		2.0
LD-7		3.0		2.1	3.0
LD-8		2.0	1.5		2.0
LD-9	1.0			1.5	1.5
LD-10	1.0		2.0		2.0
Alabeo promedio (mm)					2.0

3.3.2.5. ALABEO: MUESTRA E.

TABLA N° 3.3.25: ALABEO- MUESTRA E

Espécimen	Cara A		Cara B		Alabeo (mm)
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	
LE-1		1.8	2.0		2.0
LE-2	1.0			1.3	1.3
LE-3		4.0	2.2		4.0
LE-4	1.7			1.2	1.7
LE-5	2.3			3.0	3.0
LE-6	1.7			2.1	2.1
LE-7	1.2			2.1	2.1
LE-8	1.7			2.5	2.5
LE-9	2.2			3.5	3.5
LE-10	2.5			2.1	2.5
Alabeo promedio (mm)					2.5

3.3.3. ABSORCIÓN.

Los resultados del ensayo de absorción obtenidos de las 5 ladrilleras tomadas como muestra en la presente tesis de investigación, se presentan a continuación.

3.3.3.1. ABSORCIÓN: MUESTRA A.

TABLA N° 3.3.26: ABSORCIÓN - MUESTRA A

Espécimen	Peso seco gr.	Peso saturado gr.	Absorción %
LA-1	6005	6435	7.16
LA-2	6065	6385	5.28
LA-3	6010	6485	7.90
LA-4	5905	6390	8.21
LA-5	6060	6515	7.51
LA-6	6070	6350	4.61
LA-7	5940	6395	7.66
LA-8	6010	6415	6.74
LA-9	5900	6400	8.47
LA-10	6095	6510	6.81
Absorción promedio (%)			7.04

3.3.3.2. ABSORCIÓN: MUESTRA B.

TABLA N° 3.3.27: ABSORCIÓN - MUESTRA B

Espécimen	Peso seco gr.	Peso saturado gr.	Absorción %
LB-1	6985	7545	8.02
LB-2	6935	7495	8.07
LB-3	7080	7580	7.06
LB-4	6950	7495	7.84
LB-5	6925	7610	9.89
LB-6	6975	7490	7.38
LB-7	7065	7620	7.86
LB-8	6955	7510	7.98
LB-9	6995	7535	7.72
LB-10	7040	7500	6.53
Absorción promedio (%)			7.84

3.3.3.3. ABSORCIÓN: MUESTRA C.

TABLA N° 3.3.28: ABSORCIÓN - MUESTRA C

Espécimen	Peso seco gr.	Peso saturado gr.	Absorción %
LC-1	5910	6345	7.36
LC-2	6020	6385	6.06
LC-3	5925	6350	7.17
LC-4	5905	6345	7.45
LC-5	5895	6355	7.80
LC-6	6000	6365	6.08
LC-7	6035	6510	7.87
LC-8	5875	6455	9.87
LC-9	5945	6345	6.73
LC-10	5930	6420	8.26
Absorción promedio (%)			7.47

3.3.3.4. ABSORCIÓN: MUESTRA D.

TABLA N° 3.3.29: ABSORCIÓN - MUESTRA D

Espécimen	Peso seco gr.	Peso saturado gr.	Absorción %
LD-1	7145	7640	6.93
LD-2	7180	7655	6.62
LD-3	7145	7735	8.26
LD-4	7100	7725	8.80
LD-5	7180	7590	5.71
LD-6	7155	7650	6.92
LD-7	7125	7635	7.16
LD-8	7190	7680	6.82
LD-9	7095	7605	7.19
LD-10	7195	7630	6.05
Absorción promedio (%)			7.04

3.3.3.5. ABSORCIÓN: MUESTRA E.

TABLA N° 3.3.30: ABSORCIÓN - MUESTRA E

Espécimen	Peso seco gr.	Peso saturado gr.	Absorción %
LE-1	6905	7415	7.39
LE-2	6925	7480	8.01
LE-3	6895	7415	7.54
LE-4	6900	7455	8.04
LE-5	6905	7440	7.75
LE-6	6875	7455	8.44
LE-7	6975	7405	6.16
LE-8	6860	7415	8.09
LE-9	6990	7475	6.94
LE-10	6900	7440	7.83
Absorción promedio (%)			7.62

3.3.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión obtenidos de las 5 ladrilleras tomadas como muestra en la presente tesis de investigación, se presentan a continuación.

3.3.4.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: MUESTRA A.

TABLA N° 3.3.31: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - MUESTRA A

Probeta	Largo (mm)			Ancho (mm)			Área (cm ²)	Carga (Kg)	f _b (kg/cm ²)
	L1	L2	L _{prom}	A1	A2	A _{prom}			
LA-1	228.5	232.2	230.4	133.6	134.8	134.2	309.13	35000	113.22
LA-2	229.2	234.5	231.9	132.4	134.3	133.4	309.17	41000	132.61
LA-3	231.3	233.5	232.4	130.6	132.4	131.5	305.61	38000	124.34
LA-4	228.7	231.4	230.1	132.9	133.4	133.2	306.31	37500	122.42
LA-5	229.8	231.8	230.8	129.9	134.2	132.1	304.77	36000	118.12
LA-6	228.7	232.5	230.6	130.5	133.8	132.2	304.74	35500	116.49
LA-7	228.4	231.2	229.8	131.7	134.2	133.0	305.52	40000	130.92
LA-8	229.2	233.3	231.3	132.2	134.1	133.2	307.91	39500	128.28
LA-9	228.4	234.7	231.6	130.1	133.4	131.8	305.07	41000	134.40
LA-10	228.7	233.4	231.1	128.9	132.3	130.6	301.75	43000	142.50
fb promedio (kg/cm2)								126.33	
Desviación estándar σ								9.11	
f _b característica (kg/cm2)								117.23	

3.3.4.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: MUESTRA B.

TABLA N° 3.3.32: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - MUESTRA B

Probeta	Largo (mm)			Ancho (mm)			Área (cm ²)	Carga (Kg)	f _b (kg/cm ²)
	L1	L2	L _{prom}	A1	A2	A _{prom}			
LB-1	237.4	242.3	239.9	142.3	144.3	143.3	343.7	38500	112.01
LB-2	240.3	239.8	240.1	141.3	142.1	141.7	340.2	38000	111.72
LB-3	238.5	241.2	239.9	142.3	143.2	142.8	342.4	32000	93.46
LB-4	239.2	240.5	239.9	140.1	142.5	141.3	338.9	37500	110.65
LB-5	238.3	241.5	239.9	141.2	143.2	142.2	341.1	34000	99.67
LB-6	241.5	242.3	241.9	140.1	144.8	142.5	344.6	42000	121.89
LB-7	242.3	243.4	242.9	140.1	142.2	141.2	342.8	36500	106.48
LB-8	238.3	240.3	239.3	140.7	142.8	141.8	339.2	40500	119.40
LB-9	238.5	240.3	239.4	142.2	144.9	143.6	343.7	39500	114.94
LB-10	239.2	242.1	240.7	140.8	141.5	141.2	339.7	42500	125.12
f _b promedio									111.53
Desviación estándar σ									9.77
f' _b característica									101.76

3.3.4.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: MUESTRA C.

TABLA N° 3.3.33: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - MUESTRA C

Probeta	Largo (mm)			Ancho (mm)			Área (cm ²)	Carga (Kg)	f _b (kg/cm ²)
	L1	L2	L _{prom}	A1	A2	A _{prom}			
LC-1	227.5	229.6	228.6	132.5	134.9	133.7	305.6	28000	91.63
LC-2	227.9	231.2	229.6	132.4	135.7	134.1	307.7	33000	107.24
LC-3	227.5	234.5	231.0	133.9	136.4	135.2	312.2	34000	108.91
LC-4	227.5	236.1	231.8	130.8	132.2	131.5	304.8	26500	86.94
LC-5	226.2	233.4	229.8	132.7	137.1	134.9	310.0	37500	120.97
LC-6	226.5	232.3	229.4	132.4	133.8	133.1	305.3	26500	86.79
LC-7	229.1	233.5	231.3	131.3	135.2	133.3	308.2	30000	97.34
LC-8	227.2	231.4	229.3	133.9	135.5	134.7	308.9	36000	116.55
LC-9	226.4	229.8	228.1	134.3	136.2	135.3	308.5	31500	102.11
LC-10	227.7	233.7	230.7	132.5	134.4	133.5	307.9	39000	126.68
f _b promedio									104.52
Desviación estándar σ									14.06
f' _b característica									90.45

3.3.4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: MUESTRA D.

TABLA N° 3.3.34: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - MUESTRA D

Probeta	Largo (mm)			Ancho (mm)			Área (cm ²)	Carga (Kg)	f _b (kg/cm ²)
	L1	L2	L _{prom}	A1	A2	A _{prom}			
LD-1	239.5	241.2	240.4	141.8	143.2	142.5	342.5	31500	91.97
LD-2	238.5	242.5	240.5	142.2	143.2	142.7	343.2	28000	81.59
LD-3	241.2	242.5	241.9	140.3	143.7	142.0	343.4	32000	93.18
LD-4	240.5	243.1	241.8	140.7	142.6	141.7	342.5	34000	99.27
LD-5	239.5	243.2	241.4	141.5	144.6	143.1	345.3	28500	82.55
LD-6	241.2	242.5	241.9	140.9	143.4	142.2	343.8	30500	88.72
LD-7	241.2	242.5	241.9	140.4	142.7	141.6	342.3	33000	96.40
LD-8	238.7	241.3	240.0	141.8	143.7	142.8	342.6	35000	102.16
LD-9	239.1	242.3	240.7	140.8	143.2	142.0	341.8	31500	92.16
LD-10	239.5	242.1	240.8	142.2	142.9	142.6	343.3	36000	104.88
f _b promedio									93.29
Desviación estándar σ									7.71
f' _b característica									85.58

3.3.4.5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: MUESTRA E.

TABLA N° 3.3.35: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - MUESTRA E

Probeta	Largo (mm)			Ancho (mm)			Área (cm ²)	Carga (Kg)	f _b (kg/cm ²)
	L1	L2	L _{prom}	A1	A2	A _{prom}			
LE-1	239.2	238.5	238.9	141.5	142.3	141.9	338.9	32500	95.89
LE-2	238.3	240.2	239.3	141.8	142.5	142.2	340.1	33000	97.03
LE-3	241.3	239.5	240.4	142.7	143.8	143.3	344.4	36000	104.54
LE-4	238.5	242.3	240.4	140.6	143.3	142.0	341.2	37000	108.43
LE-5	237.3	242.5	239.9	140.8	142.6	141.7	339.9	35000	102.96
LE-6	238.5	243.4	241.0	140.6	141.8	141.2	340.2	34500	101.40
LE-7	238.5	243.2	240.9	140.5	141.8	141.2	340.0	40000	117.66
LE-8	239.3	243.2	241.3	140.6	142.8	141.7	341.9	40000	117.01
LE-9	238.2	238.2	238.2	140.3	144.2	142.3	338.8	35000	103.29
LE-10	238.7	240.2	239.5	141.2	142.8	142.0	340.0	33500	98.52
f _b promedio									104.67
Desviación estándar σ									7.63
f' _b característica									97.04

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL.

A continuación, se muestra la TABLA N° 4.1 que resume los resultados de la variabilidad dimensional y se compara con la clasificación de la Norma Técnica E.070, 2006.

Como se muestra en la tabla que las unidades estudiadas en el presente estudio de investigación se encuentran clasificadas como ladrillos de clase IV y clase V.

TABLA N° 4.1: RESULTADOS DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

VARIACION DIMENSIONAL							
	Lprom (mm)	L %	Aprom (mm)	A %	Hprom (mm)	H %	CLASE
LA	231.15	-0.50	132.25	-1.73	96.755	3.25	IV
LB	240.39	-0.16	142.0	-1.45	103.55	-3.55	IV
LC	229.96	0.02	133.87	-2.98	97.073	2.93	IV
LD	240.48	-0.20	142.07	-1.48	100.87	-0.86	V
LE	239.75	0.11	141.68	-1.20	101.36	-1.36	V

4.2. ALABEO.

A continuación, se muestra la TABLA N° 4.2 que resume los resultados de alabeo de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos las 5 ladrilleras estudiadas y se compara con la norma E.070.

TABLA N° 4.2: RESULTADOS DE ALABEO

	ALABEO	CLASE
LA	2.0	V
LB	2.0	V
LC	2.2	IV
LD	2.0	V
LE	2.5	IV

Como se mencionó en la variación dimensional si las juntas de mortero son mayores de 15 mm, reducirán la resistencia de la albañilería, el alabeo también determina esta característica; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos como especie de cangrejeras en las zonas más alabeadas; o incluso puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad (San Bartolomé, 1998).

Por inspección de la TABLA 4.2, se puede interpretar, que las cinco ladrilleras productoras de ladrillos de concreto, no tendrán este tipo de problema, porque el alabeo máximo obtenido de los ensayos es de 2.5 mm que se aproxima a lo especificado en la norma, que indica 4 mm para el ladrillo clase IV y 2 mm para el clase V.

4.3. ABSORCIÓN.

A continuación, se muestra la TABLA N° 4.3 que resume los resultados de absorción de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos las 5 ladrilleras estudiadas y se compara con la norma E.070, 2006.

TABLA N° 4.3: RESULTADOS DE ABSORCIÓN

	ABSORCION %
LA	7.04
LB	7.84
LC	7.47
LD	7.04
LE	7.62

Por inspección de la TABLA N° 4.3, se puede interpretar, que las cinco ladrilleras productoras de ladrillos de concreto, no tendrán este tipo de problema, porque la absorción máxima en unidades de concreto no debe ser mayor que 12% y la absorción obtenida de los ensayos no es mayor de 8%, menor a lo especificado en la norma.

4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

A continuación, se muestra la TABLA N° 4.4, donde se presenta el resumen de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto de las cinco ladrilleras estudiadas y se compara con la norma E.070.

TABLA N° 4.4: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

	fb (Kg/cm²)	σ	f'b (Kg/cm²)	CLASE
LA	126.33	9.11	117.23	III
LB	111.53	9.77	101.76	III
LC	104.52	14.06	90.45	II
LD	93.29	7.71	85.58	II
LE	104.67	7.63	97.04	III

Se muestra que los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos clasifican como ladrillos de clase II y clase III según la norma E.070. Tienen poca durabilidad y baja resistencia.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RESULTADOS.

4.1. CONCLUSIONES.

- ▶ La variación dimensional indica que las unidades tienen características muy aceptables, el promedio de las 5 ladrilleras (largo: 0.2%, ancho: 1.8% y alto: 2.4%) clasifica como ladrillo de clase V, según la norma técnica E.070. 2006.

- ▶ En cuanto al alabeo, el promedio de las 5 ladrilleras es de 2.1 mm por lo que clasifica como ladrillo clase IV, según la norma técnica E.070. 2006.

- ▶ En lo que corresponde a la absorción no tendrán este tipo de problema, porque la absorción máxima en unidades de concreto no debe ser mayor que 12% y la absorción obtenida de los ensayos no es mayor de 8%, menor a lo especificado en la norma técnica E.070. 2006.

- ▶ Según los resultados de resistencia a compresión de las unidades $f'c$, los valores de las 5 ladrilleras dan un valor promedio de 98.41 Kg/cm², resultado que se aproxima al mínimo de 95 Kg/cm² establecido por la norma técnica E.070. 2006, para clasificar como ladrillo de clase III.

4.2. RECOMENDACIONES.

- ▶ Será necesario controlar durante la producción, las dosificaciones de la mezcla, los cuales se recomiendan sean por peso, sin embargo en todos los casos se realiza por volumen: Es necesario dosificar muy cuidadosamente el contenido de agua de la mezcla, para que ésta no resulte ni muy seca ni demasiado húmeda; en el primer caso se corre el peligro de la fisuración o el desmoronamiento del bloque recién fabricado; en el segundo, que el material se asiente deformado las dimensiones.
- ▶ Para obtener ladrillos de concreto que cumplan con las tolerancias dimensionales y que el proceso de desmolde sea inmediato, es necesario controlar que el agregado no tenga exceso de material fino y que la dosificación se realice con la cantidad mínima necesaria de agua, para evitar la rotura del bloques al desmoldar la unidad.
- ▶ Se debe controlar la duración del vibrado así como la potencia del motor, ya que otra de las causas de la rotura se debe a que el bloque no está suficientemente consolidado, es decir, la vibración ha sido de poca duración. El vibrado se debe realizar por capas hasta que se forme una película de agua en la superficie.
- ▶ Para conservar la uniformidad de los bloques que dependen en gran medida de los agregados deben verificarse la calidad y la granulometría del agregado empleado, ya que no siempre es constante.
- ▶ Para mezclar el concreto utilizado en los ladrillos se debe iniciar mezclando previamente en seco el cemento y los agregados, hasta obtener una mezcla de color uniforme; luego se agrega agua y se continua la mezcla húmeda durante 3 minutos.
- ▶ Es recomendable en lo posible, usar agregados con granulometría continua a fin de obtener superficies de texturas fina, tratando de utilizar una combinación de agregado con el mayor tamaño máximo, con lo que

se puede obtener una reducción en el contenido del cemento para las especificaciones exigidas.

- ▶ En caso de encontrarse con agregados húmedo se debe agregar a la mezcla menos agua y después se agrega poco a poco hasta alcanzar la consistencia adecuada.
- ▶ Para que los bloques adquieran una buena resistencia, es necesario que estén constantemente humedecidos por los menos durante 7 días; se apilan los bloques en un máximo de 2 filas sobre una capa de arena y se riega, cubriendo luego con plástico, el riego debe hacerse 2 veces al día en la mañana y en la tarde, el plástico debe ser claro y transparente, luego de secado 28 días se apilan en filas de 6 máximo no debes ser asentado antes de los 14 días.
- ▶ Se recomienda el uso de los ladrillos de concreto en construcciones que soliciten requerimientos acústicos y térmicos, debido a las buenas características que estos poseen.
- ▶ Se deben realizar otras investigaciones adicionales de los ladrillos de concreto de la ciudad de San Marcos, que permitan complementar la evaluación de las unidades en temas como la evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con estas unidades de albañilería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ▶ Aguirre, D. 2004. Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín. Tesis Mg. Sc. Lima, PUCP.
- ▶ Ángeles, P. 2008. Comparación del Comportamiento a Carga Lateral Cíclica de un Muro Confinado con Ladrillos de Concreto y otro con Ladrillos de Arcilla. Tesis Ing. Civil, PUCP.
- ▶ Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Fabricación de Bloques de Concreto con una Mesa Vibradora. Lima: UNI - CISMID.
- ▶ Fernández, K. 2010. Estudio de la influencia del tipo de arcilla en las características técnicas del ladrillo. Santa Bárbara – Cajamarca. Tesis Mg. Sc. Cajamarca, UNC.
- ▶ INDECOPI 1978. NORMA TECNICA ITINTEC 331.017. Elementos de arcilla cocida. Lima, Perú.
- ▶ INDECOPI 2002. NTP 399.604. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. Lima, Perú.
- ▶ NORMA TÉCNICA E.070 – ALBAÑILERÍA. 2006.
- ▶ San Bartolomé, A y Morante, A. 2008, Mejora de la Adherencia Mortero-Ladrillo de Concreto. Tesis Ing. Civil, PUCP.
- ▶ San Bartolomé, A. 1994. Construcciones de Albañilería – Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. Lima, PUCP.

ANEXOS

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES.

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE
MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CAJAMARCA.

CERTIFICA

Que el bachiller en ingeniería Civil: **ZAFRA RABANAL JEANPIERRE** con DNI N° 47103842, ex alumno de la Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca; ha registrado su asistencia en este laboratorio desde los periodos de: agosto del 2014 – diciembre del 2014 , desarrollando los ensayos correspondientes al capítulo de ensayo de materiales de la tesis profesional denominada: **“CARACTERISTICAS FISICAS Y MECANICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO FABRICADOS EN LA CIUDAD DE SAN MARCOS – CAJAMARCA”**, cuyos resultados obran en este laboratorio.

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



Cajamarca diciembre del 2014