

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**SEDE JAÉN**



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LOS  
LADRILLOS KING KONG 18 HUECOS DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL  
EN LA CIUDAD DE JAÉN**

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

**PRESENTADA POR:**

**BACHILLER: MELISA CERVERA MEGO**

**ASESOR: ING. MARCO WILDER HOYOS SAUCEDO**

**JAÉN - CAJAMARCA - PERÚ**

**2014**

**COPYRYGHT © 2014 by**  
**MELISA CERVERA MEGO**  
**Todos los derechos reservados**

***Dedicatoria:***

A Dios;

Por haberme iluminado y dado la sabiduría y fortaleza para poder concluir mi carrera profesional.

A mis padres;

Pilares fundamentales en mi vida Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora, Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir.

A mis hermanos y hermanas;

Porque creyeron en mí y me impulsaron a seguir adelante con su constante apoyo.

***Agradecimiento:***

A la universidad Nacional de Cajamarca;  
Donde tuve la oportunidad de mi  
formación profesional.

A mi asesor;  
Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo por  
su asesoría siempre dispuesta aun en la  
distancia.

A mis padres;  
Quienes a lo largo de toda mi vida han  
apoyado y motivado mi formación  
académica, creyeron en mí en todo  
momento y no dudaron de mis  
habilidades. Porque sin ellos nunca  
hubiese podido hacer realidad este  
sueño.

A mis hermanos y hermanas;  
Por darme su apoyo total y no permitir  
que yo renunciara a esta carrera,  
incitándome a seguir sin importar las  
adversidades que se me presentarán.

A todas las personas que me apoyaron y  
compartieron sus conocimientos  
conmigo para hacer posible la  
conclusión de esta tesis.

## Índice

Ítem	Página
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice de Tablas.....	vii
Índice de Figuras .....	ix
Lista de Abreviaciones.....	xii
Resumen.....	xiii
Abstract .....	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Antecedentes Teóricos.....	3
2.1.1. Internacionales.....	3
2.1.2. Nacional.....	4
2.1.3. Local.....	5
2.2. Bases Teóricas.....	5
2.2.1. Materia prima.....	5
2.2.2. Proceso de elaboración del ladrillo.....	9
2.2.3. Clasificación de las unidades de albañilería para fines estructurales.....	14
2.2.4. Características de aceptación de los ladrillos.....	16
2.2.5. Propiedades del ladrillo.....	17
2.3. Definición de términos básicos.....	28
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1. Ubicación Geográfica.....	30

3.2. Tiempo de duración.....	30
3.3. Procedimiento.....	30
3.3.1. Fase de gabinete.....	30
3.3.2. Trabajo de campo.....	31
3.3.3. Fase de Laboratorio.....	32
3.4. Tratamiento y análisis de datos.....	57
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>58</b>
4.1. Materia Prima.....	58
4.2. Evaluación de las propiedades del ladrillo industrial King Kong 18 huecos.....	62
4.3. Comparación de las propiedades de los ladrillos industriales y artesanales.....	83
4.4. Contrastación de hipótesis.....	86
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO A: Figuras .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO B:Fichas Técnicas.....</b>	<b>102</b>

## Índice de tablas

<b>Tablas</b>	<b>Página</b>
Tabla 1. Variaciones permisibles en las dimensiones.....	19
Tabla 2. Variaciones máximas en las dimensiones.....	19
Tabla 3. Variaciones máximas en el alabeo.....	20
Tabla 4. Requisitos de Resistencia.....	22
Tabla 5. Requisitos de Resistencia para diseño estructural. ....	22
Tabla 6. Valores mínimos de módulos de ruptura.....	23
Tabla 7. Densidad para albañilería con unidades sólidas y huecas.....	24
Tabla 8. Densidad con la que deberá cumplir los ladrillos.....	25
Tabla 9. Absorción máxima de agua.....	26
Tabla 10. Requisitos complementarios: Absorción máx.....	26
Tabla 11. Coeficiente de saturación máxima de agua. ....	27
Tabla 12. Requisitos complementarios coeficiente de saturación.....	28
Tabla 13. Granulometría del suelo de la ladrillera industrial "CERAMICOS PAKAMUROS" .....	58
Tabla 14. Granulometría del suelo de la ladrillera Aguilar.....	59
Tabla 15. Granulometría del suelo de la ladrillera Llanos.....	59
Tabla 16. Granulometría del suelo de la ladrillera Lozano.....	60
Tabla 17. Granulometría del suelo de la ladrillera Arévalo.....	60
Tabla 18. Granulometría del suelo de la ladrillera Gonzales.....	61
Tabla 19. Porcentajes de arena, limo y arcilla de las ladrilleras.....	61
Tabla 20. Clasificación de suelo de todas las ladrilleras.....	62
Tabla 21. Variación Dimensional de los ladrillos dela muestra 1.....	63
Tabla 22. Variación Dimensional de la muestra 2.....	63
Tabla 23. Alabeo de la muestra 1.....	67

Tabla 24. Alabeo de la muestra 2 .....	67
Tabla 25. Succión de la muestra 1.....	69
Tabla 26. Succión de la muestra 2.....	69
Tabla 27. Porcentaje del área de vacíos de la muestra 1.....	70
Tabla 28. Porcentaje del área de vacíos de la muestra 2.....	70
Tabla 29. Resistencia característica a la compresión de la muestra 1.....	72
Tabla 30. Resistencia característica a la compresión de la muestra 2.....	72
Tabla 31. Módulo de rotura de la muestra 1.....	74
Tabla 32. Módulo de rotura de la muestra 2 .....	74
Tabla 33. Densidad de la muestra 1.....	75
Tabla 34. Densidad de la muestra 2.....	76
Tabla 35. Absorción de la muestra 1.....	77
Tabla 36. Absorción de la muestra 2.....	77
Tabla 37. Absorción máxima de la muestra 1.....	78
Tabla 38. Absorción máxima de la muestra 2.....	78
Tabla 39. Coeficiente de saturación de la muestra 1.....	80
Tabla 40. Coeficiente de saturación de la muestra 2.....	80
Tabla 41. Clasificación del tipo de ladrillos según las normas indicadas...	82

## Índice de Figuras

<b>Figuras</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Extracción de material con excavadora en cantera.....	10
Figura 2. Mezclado de la materia prima con el agua.....	11
Figura 3. Prensa Extrusora.....	12
Figura 4. Proceso de fabricación de unidades de arcilla. ....	13
Figura 5. Muestreo de las unidades de ladrillo.....	31
Figura 6. Secado de las unidades de ladrillo en el horno.....	32
Figura 7. Medición de los ladrillos milimétricamente.....	33
Figura 8. Medida del alabeo de la superficie cóncava. ....	35
Figura 9. Desarrollo del ensayo de succión. ....	37
Figura 10. Ladrillo con los alveolos llenos de arena. ....	39
Figura 11. Ladrillo refrentado con yeso.....	40
Figura 12. Muestra colocada en la máquina de ensayo. ....	41
Figura 13. Muestra ubicada sobre los apoyos en la máquina.....	43
Figura 14. Muestra durante las 3 horas de ebullición.....	45
Figura 15. Espécimen en el cuarto de secado en contacto con el agua. ....	47
Figura 16. Reposo de las muestras en agua fría durante 24 horas.....	48
Figura 17. Muestras en ebullición durante 5 horas.....	49
Figura 18. Peso de la muestra después de la sumersión.....	49
Figura 19. Remojo de la muestra.....	52
Figura 20. Tamizado de la muestra.....	52
Figura 21. Pasta homogénea en la copa Casagrande.....	54
Figura 22. Cilindro de pasta de suelo resquebrajado.....	56
Figura 23. Variación Dimensional de la muestra 1 y de la NTP 331.017.....	64
Figura 24. Variación Dimensional de la muestra 1 y de la NTP 331.017.....	64
Figura 25. Variación dimensional en el largo de las muestras y de la NTE.070.....	65

Figura 26. Variación dimensional en el ancho de las muestras y de la NTE.070.....	65
Figura 27. Variación dimensional en el ancho de las muestras y de la NTE.070.....	66
Figura 28. Alabeos de las muestras 1 y 2 y de la NTE.070.....	68
Figura 29. Succión de las muestras 1, 2 y de la NTE.070.....	69
Figura 30. Porcentaje del área de vacíos de las muestras 1 y 2.....	71
Figura 31. Resistencia característica a la compresión ( $f_b$ ) de las muestras y de la NTP 331.017.....	73
Figura 32. Resistencia Característica a la compresión ( $f_b$ ) de las muestra y de la NTE.070. ....	73
Figura 33. Módulo de rotura promedio de las muestras y de la norma ITINTEC 331.017. ....	75
Figura 34. Densidad de las muestras y de la norma ITINTEC 331.017. ....	76
Figura 35. Absorción Máxima de las muestras y de la NTP 331.017. ....	79
Figura 36. Absorción Máxima de las muestras y de la norma ITINTEC 331.017.....	79
Figura 37. Coeficiente de saturación de las muestra y de la NTP 331.017. ....	81
Figura 38. Coeficiente de Saturación de las muestras y de la norma ITINTEC 331.017.....	81
Figura 39. Resistencias Características a la compresión de la NTE.070 y de los ladrillos industriales y artesanales producidos en Jaén. ....	83
Figura 40. Resistencias Características a la compresión de la NTP331.017 y de los ladrillos industriales y artesanales producidos en Jaén. ....	84
Figura 41. Módulo de Rotura de la ITINTEC 331.017 y de los ladrillos industriales y artesanales producidos en Jaén. ....	84
Figura 42. Succión de la NTE.070, de los ladrillos industriales y artesanales producidos en Jaén. ....	85
Figura 43. Ubicación de la Fabrica Cerámicos Pakamuros.....	93

Figura 44. Visita a la Ladrillera industrial “Cerámicos Pakamuros”.....	94
Figura 45. Toma de muestras.....	94
Figura 46. Extracción de materia prima del ladrillo industrial.....	94
Figura 47. Fabrica “Cerámicos Pakamuros”. .....	95
Figura 48. Identificación de la unidad de análisis.....	95
Figura 49. Registro de datos en las fichas técnicas.....	95
Figura 50. Llenado de orificios de la unidad.....	96
Figura 51. Refrentado del ladrillo.....	96
Figura 52. Ensayo de compresión.....	97
Figura 53. Ladrillo ensayado a la compresión.....	97
Figura 54. Ensayo del Módulo de Rotura (por flexión).....	97
Figura 55. Ladrillo ensayado por flexión.....	98
Figura 56. Peso sumergido para el ensayo de densidad.....	98
Figura 57. Análisis de los pares de ladrillos después de 7 días.....	98
Figura 58. Secado de todos los conjuntos de especímenes por 24 h....	99
Figura 59. Peso después de 24 horas de saturación.....	99
Figura 60. Lavado de la muestra para granulometría.....	100
Figura 61. Muestra que pasa el tamiz n° 40.....	100
Figura 62. Pasta homogénea.....	100
Figura 63. Ensayo de límite líquido.....	101
Figura 64. Ensayo de límite plástico.....	101
Figura 65. Muestras de límite líquido y plástico.....	101

## **LISTA DE ABREVIACIONES**

- ITINTEC** : Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas.
- NTP** : Norma Técnica Peruana
- NTE** : Norma Técnica de Estructuras
- RNE** : Reglamento Nacional de Edificaciones
- SENCICO** : Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción.
- SUCS** : Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

## RESUMEN

Es frecuente que las edificaciones en la ciudad de Jaén se construyan prescindiendo de las especificaciones de calidad con las que deben contar sus materiales, siendo uno de ellos el ladrillo King Kong 18 huecos , por lo que esta investigación tuvo como objetivo evaluar sus propiedades físicas – mecánicas de los de producción industrial, para esto se realizó los ensayos de laboratorio de variación dimensional, alabeo, succión, densidad, absorción, absorción máxima, eflorescencia, coeficiente de saturación, porcentaje de área vacíos, resistencia a la compresión y módulo de rotura, de dos muestras de ladrillo producidos por la fábrica “CERAMICOS PAKAMUROS” identificadas como muestra 1 a los de dimensión 24x13x9 cm y 2 a los de 23x12x9 cm y el análisis granulométrico e índice de plasticidad para clasificar el suelo utilizado como materia prima en su elaboración siguiendo los procedimientos de la NTP 399.613,339.128 y 339.129; obteniéndose así que todas las propiedades cumplen con los requisitos de calidad que establecen las normas NTE0.70 del RNE, NTP 331.017 e ITINTEC 331.017, excepto la propiedad de porcentaje de área de vacíos que se encuentra sobre el 30 % ; que los suelos utilizados clasifican como CL (arcilla inorgánica de mediana plasticidad, arenosa y limosa ) con variación de limos y arcillas de 71,91 a 78,59 % y de arena de 21,41 a 28,09 % ; y que los ladrillos de las muestras 1 y 2 clasifican como tipo IV y tipo III respectivamente y son de buena calidad para ser utilizados con fines estructurales.

**Palabras claves:** ladrillo industrial, propiedades físicas- mecánicas, NTE0.70, NTP 331.017, ITINTEC 331.017, requisitos de calidad, materia prima, muestras.

## ABSTRACT

Often the buildings in the city of Jaén are built regardless of quality specifications which must have their materials, one being the brick King Kong 18 holes, so this research was to evaluate the physical properties - mechanical of industrial production, so that the laboratory tests of dimensional variation, roll, suction, density, absorption maximum absorption, blooming, saturation coefficient, percentage of vacant area, compressive strength and modulus of rupture was performed , two samples produced by the factory brick "CERAMIC PAKAMUROS" identified as sample 1 to the dimension 24x13x9 cm and 2 to those of 23x12x9 cm and the sieve analysis and plasticity index for classifying the soil used as feedstock in the preparation following the procedures of the NTP 399.613,339.128 and 339,129; being obtained so that all properties meet the quality requirements set standards NTE0.70 RNE, NTP ITINTEC 331,017 and 331,017, excluding ownership percentage area of voids which is over 30%; used soils classified as CL (inorganic clay of medium plasticity sandy and silty) with variation of silts and clays from 71.91 to 78.59% and from 21.41 to 28.09 sand%; and bricks from samples 1 and 2 classified as type IV and type III, respectively, and are of good quality to be used for structural purposes.

**Key words:** Industrial brick, physical-mechanical properties, NTE0.70, NTP 331 017, 331 017 ITINTEC, quality requirements, samples.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

Los ladrillos de arcilla industriales ofrecen ventajas enormes respecto de sus pares sustitutos. Estas ventajas hacen posible la construcción de viviendas mediante la utilización del sistema estructural de albañilería confinada, y representa una alternativa muy económica para la realidad local de Jaén.

En el área urbana de la ciudad de Jaén los materiales predominantes utilizados en las edificaciones de uso residencial los constituye el ladrillo este representa el 71% del total de edificaciones ocupando una superficie de 230,22 hás., el ladrillo - adobe un área de 61,45 has. (19%) y en el área periférica el uso de las construcciones en adobe ocupan un área de 32,44 hás (10%) del total.

En la actualidad en la ciudad de Jaén existe una fábrica de ladrillos industriales ubicada en el caserío de Santa Rosa de Shanango, que abastece en su gran mayoría a las construcciones que se hacen dentro de esta provincia y en gran parte de sus distritos.

Siendo necesario evaluar las propiedades Físicas – Mecánicas de los ladrillos King Kong 18 huecos producidos por esta fábrica y verificar si cumplen con los requisitos de calidad que exigen las normas NTE0.70 del RNE, la NTP 331.017 y la norma ITINTEC 331.017, considerándose como hipótesis que estos ladrillos cumplen con las normas correspondientes; ya que es importante conocerlas.

El estudio se justifica debido a que es necesario que la población, las instituciones, y empresarios de la construcción cuenten para sus obras con ladrillos de buena calidad y que cumplan las normas correspondientes que

garanticen la vida útil de sus edificaciones. La metodología usada podrá ser considerada en otras investigaciones similares.

La investigación se basó al estudio de las propiedades Físicas-mecánicas del ladrillo como son variación dimensional, alabeo, succión, densidad, absorción, absorción máxima, eflorescencia, coeficiente de saturación, porcentaje de vacíos, resistencia a la compresión, resistencia a tracción por flexión, y al estudio de las características de la materia prima como son análisis granulométrico e índice de plasticidad para clasificar el suelo utilizado; teniendo como objetivo general evaluar las propiedades físicas – mecánicas de los ladrillos King Kong 18 huecos de producción industrial en la ciudad de Jaén; y como específicos determinar la granulometría, índice de plasticidad y clasificación de la materia prima de los ladrillos industriales King Kong 18 huecos y artesanales King Kong producidos en la ciudad de Jaén; determinar la variación dimensional, alabeo, succión, densidad, absorción, absorción máxima, eflorescencia, coeficiente de saturación, porcentaje de vacíos, resistencia a la compresión, resistencia a tracción por flexión de los ladrillos King Kong 18 huecos producidos en Jaén y Comparar las propiedades físicas – mecánicas de los ladrillos King Kong 18 huecos de producción industrial con los ladrillos King Kong producidos artesanalmente. Por tanto, para alcanzar estos objetivos, y se sintetizó en capítulos:

Capítulo II, contiene el marco teórico, donde se describe los antecedentes teóricos, bases teóricas y definición de términos básicos.

Capítulo III, describe materiales y métodos

Capítulo IV, presenta análisis y discusión de los resultados.

Capítulo V, presenta las conclusiones y recomendaciones.

Finalmente se presenta referencias bibliográficas y los anexos.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes Teóricos**

#### **2.1.1. Internacionales:**

Afanador, Guerrero y Monroy (2012), realizaron una evaluación a las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos fabricados en el municipio de Ocaña, Colombia para mampostería aplicando ensayos de caracterización física de la arcilla (análisis granulométrico por tamizado) empleada como materia prima, para luego realizar pruebas de control de calidad no destructivas y destructivas de los ladrillos de mampostería. Determinó que el material arcilloso posee un alto porcentaje de fracción arenosa y limos equivalente al 81% y una pobre fracción arcillosa equivalente al 19% del total de su composición, con un índice de plasticidad mayor al 10%, es decir son arcillas que permiten el conformado y compactación de las piezas de mampostería.

Córdoba E., Malagón P. y Santos J. (2009), Evaluó la caracterización de arcillas y preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas y ladrillos en Barichara, Santander, Colombia ; para lo cual se fabricaron probetas cerámicas por prensado, las cuales se sinterizaron a 1050°C y posteriormente se caracterizaron física y mecánicamente. Concluyo que para la obtención de ladrillos se recomienda la pasta con mezcla de arcillas de 55% "Cascajo" y 45% arcilla amarilla, con contenido de agua entre 23 y 32%.

### **2.1.2. Nacional:**

Aguirre (2004), determinó las características estructurales de la albañilería y sus componentes, con unidades fabricadas artesanalmente en las diferentes zonas de la región Junín, se identificó las características principales de la materia prima, el proceso de producción y se zonificó en cuatro grupos (Palian, Cajas, Saño y Jauja). Después se realizó los ensayos de laboratorio, con materiales de las cuatro zonas como son Ensayos de la unidad (variación dimensional, alabeo, compresión, absorción, densidad, succión y tracción por flexión). De los resultados obtenidos se concluye que las unidades ensayadas a compresión no alcanzan el valor mínimo especificado en la Norma E.070 vigente, siendo el promedio de las cuatro zonas de  $39,4 \text{ kg/cm}^2$ ; sin embargo, con los resultados de los otros ensayos, estas clasifican como tipo II y tipo III.

Seminario (2013), realizó un estudio sobre la Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la ciudad de Piura, este estudio se basó en analizar a través de ensayos las propiedades de ladrillos de las diferentes marcas, lo que concluyó que existe una alta variabilidad en las propiedades, lo que no disminuye cuando se utiliza una mayor tecnología en el proceso de fabricación. Si bien los fabricantes de unidades con tecnología moderna han logrado establecer un proceso de producción que ofrece unidades con valores de resistencia a la compresión altos (al menos un 87% de probabilidad de superar el valor establecido por la norma E.070 del RNE), los fabricantes que utilizan tecnología tradicional o adaptada tienen una menor variabilidad. Se observa que su valor medio y el sesgo se encuentran muy cercanos al valor mínimo, con un 20,61% de probabilidad de superar el valor establecido por el RNE. También encontró que el porcentaje de vacíos en todos los casos excede el 30% exigido en la norma y que existen algunas marcas de calidad industrial que tienen unidades con resistencias muy por debajo de los  $60 \text{ kg/cm}^2$ .

### **2.1.3. Local:**

Mego (2013), en su estudio sobre las propiedades físicas - mecánicas de los ladrillos king - kong producidos artesanalmente en el sector de Fila Alta-Jaén, realizó los ensayos que establecen la norma para determinar si las propiedades de estos ladrillos cumplen con los requisitos mínimos establecidos, determinó que la resistencia a compresión de los ladrillos  $f'_{cb}$ , dan un valor promedio de  $39,81 \text{ kg/cm}^2$ ; resultado que no se aproxima al mínimo de  $50 \text{ kg/cm}^2$  recomendado en la norma E-070 y en general concluyó que Las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos King-Kong del sector Fila Alta no cumplen con lo que establece la norma E-070 del RNE por lo que no clasifican para fines estructurales.

García (2013) determinó que Los factores que influyen en la calidad de los ladrillos producidos en la ciudad de Jaén sector fila alta son: Un tamizado inadecuado, los rellenos no son registrados ni controlados, no utilizan equipos mecánicos y la inadecuada construcción de hornos intermitentes, esto se refleja en la resistencia a la compresión que cada ladrillera obtuvo, siendo  $38,96 \text{ kg/cm}^2$  la resistencia más alta que se pudo alcanzar, por tal motivo estos ladrillos no podrán ser utilizados para muros estructurales, ya que la resistencia mínima es de  $60 \text{ kg/cm}^2$ .

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Materia prima**

#### **a. Arcilla**

El término arcilla, que se considera y define de muchas maneras, es variable y difícil de precisar. Desde el punto de vista de su origen, la arcilla no tiene significado unitario ya que puede ser un depósito sedimentario, un producto de meteorización, un producto hidrotermal o ser el resultado de una síntesis.

La imprecisión del término arcilla radica en que conceptualmente es diferente para el ceramista, el geólogo, el edafólogo o el fabricante de ladrillos (Besoain, 1985).

La arcilla constituye un agregado de minerales y de sustancias coloidales que se han formado mediante la desintegración química de las rocas alúminas. Ésta ha sido obtenida por procesos geológicos de envejecimiento del planeta. Debido a que el proceso de envejecimiento es continuo y ocurre en cualquier punto del planeta, es considerada un material corriente y bastante abundante.

La gran mayoría de las rocas que conforman la corteza terrestre están formadas de feldespato ya que es el mineral más común de la Tierra. A este tipo de rocas formadas por feldespato se le conoce como rocas feldespáticas. Debido a la descomposición de estas rocas es que se da origen a la formación de arcilla (Rhodes, 1990).

#### **b. Características físicas de la arcilla**

Es indudable que la caracterización de la arcilla depende de la complejidad y proporción de los componentes que la constituyen (Besoain, 1985).

La distribución granulométrica es una variable de suma importancia, dado que de ella va a depender el grado de empaquetamiento de las partículas y, por tanto, las propiedades físico-mecánicas de los elementos hechos con arcilla tales como porosidad, absorción de agua, resistencia a la flexión, etc. Debido a que el tamaño de los granos de arcilla puede variar mucho dependiendo el tipo de arcilla al que se esté refiriendo, las propiedades físicas de las arcillas también varían (Rhodes, 1990).

El tamaño típico de grano, según SUCS, es de 4,75mm a 0,075mm de diámetro para arenas y menores de 0,075mm de diámetro para arcillas.

La proporción de los minerales en una arcilla varía con el tamaño del gránulo, es decir, hay tendencia a que se concentren algunos minerales entre límites

de determinado tamaño. Así, el cuarzo, y más aún el feldespato, se acumula preferentemente en la fracción de la arcilla gruesa ( $2-0.2\mu\phi$ ). Por el contrario, los minerales propios de la arcilla son los más abundantes en las fracciones más finas. Por lo general, en tamaños menores a  $0.2\mu\phi$ , existen sólo minerales de arcilla y algunos óxidos. La determinación completa de una arcilla sólo puede lograrse efectuando las segregaciones o fraccionamientos de tamaño adecuados. Una correcta identificación debe preservar las características que exhiben los minerales en su estado natural (Besoain, 1985).

### **c. Propiedades de la arcilla**

#### **c.1. Plasticidad:**

Ésta es la propiedad principal de las arcillas que la hacen adecuada para la fabricación del ladrillo y que hace referencia a la habilidad que tiene la arcilla, en combinación de cierta cantidad de agua, de mantener casi cualquier forma que se le dé. La causa de que las partículas de arcilla se adhieran unas con otras ha sido motivo de muchos estudios, pero no ha sido completamente determinado aún. Hasta cierto punto la plasticidad se debe a que el grano, por su forma (delgada, plana y alargada) y encontrarse húmedo, forma una película alrededor del grano que produce tal efecto.

Otros factores que contribuyen a la plasticidad de la mezcla son: la atracción química y el contenido de carbón en las arcillas. Debido a que la plasticidad no ha sido comprendida en su totalidad la forma de medirla sigue siendo mediante el tacto, esto es pellizcando, estrujando, o haciendo una bola con la mezcla, y observando si permanece con la forma que se le dio. Se encuentran plasticidades diferentes en las arcillas, la estructura interior no es la misma en todas las tierras y, además, los cuerpos extraños mezclados con la materia arcillosa modifican la plasticidad según su estado físico y su composición (Del Río, 1975).

Es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (NTP 339.129).

- **Límite líquido:** es el contenido de humedad expresado en porcentaje para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo (NTP 339.129).
- **Límite plástico:** es el contenido de humedad, expresado en porcentaje para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolado en hilos de 3,2 mm sin que rompa en pedazos (NTP 339.129).

#### **d. Arcillas para la fabricación de ladrillos**

Dependiendo de las condiciones y factores que influyeron en la formación de las arcillas, éstas presentarán diferentes características propias de cada tipo que determinarán las propiedades que va a tener la mezcla de la cual formen parte, en este caso para la elaboración de ladrillos (Gallegos y Casabonne,2005).

- Los materiales utilizados en la fabricación de ladrillos son por lo general arcillas amarillas o rojas de composición heterogénea o relativamente impura (casi siempre secundarias).
- Las arcillas usadas en la mezcla deben ser plásticas al mezclarse con agua, de modo tal que puedan ser formadas en moldes o por el dado

de las máquinas extrusoras que moldean y dan la forma definitiva a las unidades de arcilla.

- Sus partículas deben tener suficiente adhesión para mantener la estabilidad de la unidad después del moldeo y ser capaces de unirse fundiéndose cuando se calientan a temperaturas elevadas.

De acuerdo a estas características, son las arcillas superficiales las que satisfacen estas condiciones para ser adecuadas para la fabricación de ladrillos. Este tipo de arcillas son las más fáciles de explotar porque corresponden a una formación sedimentaria reciente y, por lo tanto son las más empleadas. Sin embargo, al estar más expuestas a la contaminación con sales por razones naturales y por el empleo agrícola del suelo, ellas producen las unidades más vulnerables a la eflorescencia (Gallegos y Casabonne ,2005).

Las arcillas empleadas como materia prima para la fabricación de los ladrillos se clasifican en calcáreas y no calcáreas. Las primeras contienen un 15% de carbonato de calcio, que da lugar a unidades de color amarillento; en las segundas, predomina el silicato de alúmina con un 5% de óxido de hierro, que le proporciona un tono rojizo.

Las mejores arcillas contienen un 33% de arena; es necesario que exista arena para reducir los efectos de contracción por secado de la arcilla (San Bartolomé ,1994)

## **2.2.2. Proceso de elaboración del ladrillo**

### **a. Tipos de proceso de fabricación**

La producción de ladrillos puede llevarse a cabo de dos formas, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 331.017:

- **Artesanal:** Ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad.
- **Industrial:** Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad

## **b. Fabricación del ladrillo industrial**

**b.1. La extracción:** la extracción del material en la cantera usando palas mecánicas, Posteriormente, se tamiza el material empleando mallas metálicas, para de este modo eliminar las piedras y otras materias extrañas (San Bartolomé, 1994).

En la figura 1 se observa la extracción del material en la cantera de la fábrica de cerámicos Pakamuros usando una retroexcavadora.



Figura 1. Extracción de material con excavadora en cantera

**b.2. La molienda:** la molienda de la materia prima se realiza con molinos (San Bartolomé, 1994).

**b.3. El mezclado:** el mezclado de la materia prima con agua se realiza empleando máquinas dosificadoras (San Bartolomé, 1994).

El porcentaje de agua utilizada para la mezcla es aproximadamente del 25% del total (Jiménez y Salazar, 2005).

En el caso de fabricación de las unidades por extrusión la consistencia necesaria debe ser más plástica, y se añade alrededor de 12 a 15 % en peso de agua. La consecuencia es que la misma arcilla, con el método de moldeo, producirá unidades con menos vacíos y como consecuencia más resistentes (Gallegos y Casabonne, 2005).

En la figura 2 se aprecia el mezclado del material con el agua en la fábrica de cerámicos Pakamuros usando maquinas dosificadoras.



Figura 2. Mezclado de la materia prima con el agua.

**b.4. El moldeado:** El formado de los ladrillos industriales se realiza utilizando métodos de moldeo, con la asistencia de compactación y extruidas en el caso de unidades huecas de 18 huecos.

Este proceso, que comienza con el moldeo, se realiza a través de un prensado en húmedo conocido como el proceso de extrusión, el que

incorpora a su vez, un tratamiento de desgasificación, que elimina el aire atrapado en los procesos anteriores. El moldeo consiste en pasar la pasta húmeda a través de un diafragma perforado (matriz) que le da la forma externa e interna al producto. De este diafragma o matriz, la pasta húmeda sale en forma de bloque continuo. Este bloque de arcilla, ya moldeado, es pasado a través de la cortadora, formando de esta manera las unidades llamadas ladrillos crudos (Mendoza, 1963).

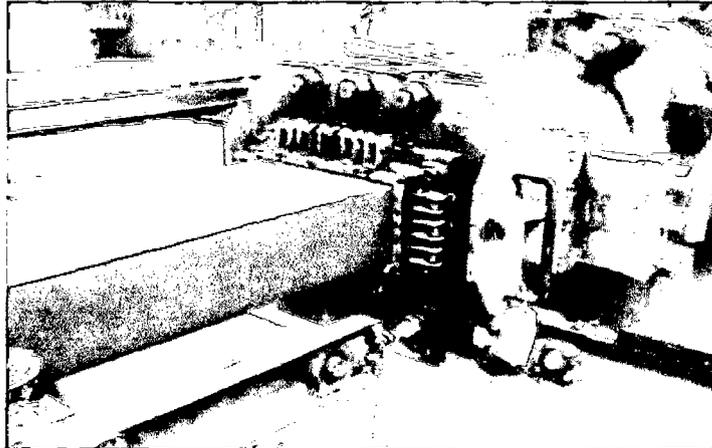


Figura 3. Prensa Extrusora.

Fuente: seminario, 2013.

**b.5. El Secado:** Luego de este proceso de extrusión, las unidades húmedas son depositadas en carros para ser transportadas a los secadores donde pertenecen durante 48 a 60 horas (Mendoza, 1963).

**b.6. El Quemado:** Posteriormente del secado se trasladan a los hornos de cocción donde permanecen aproximadamente 24 horas, proceso último que los transforma en ladrillos cerámicos (Mendoza, 1963).

Todos Los pasos básicos para la producción de ladrillos industriales se resumen en la figura 4:

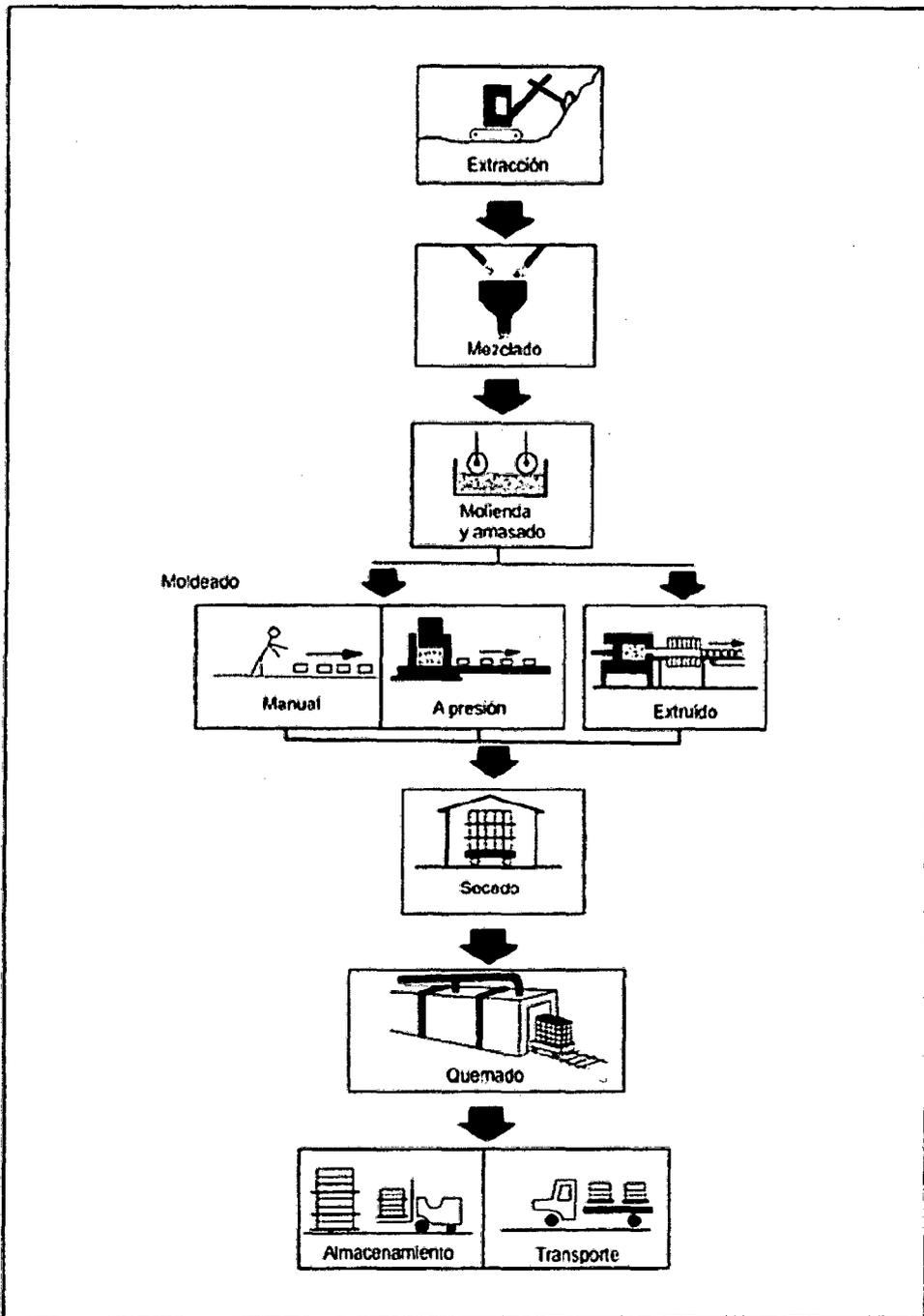


Figura 4. Proceso de fabricación de unidades de arcilla.

Fuente: Gallegos y Casabonne ,2005

### **2.2.3. Clasificación de las unidades de albañilería para fines estructurales**

#### **a.1. Unidades sólidas o macizas**

De acuerdo a la NTE-070 del RNE, se denomina unidad de albañilería sólida maciza, a la unidad 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.

De acuerdo a la NTP 331.017, se denomina unidad de albañilería sólida o maciza, a la unidad cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 75% del área bruta en el mismo plano.

#### **a.2. Unidades huecas o perforadas**

De acuerdo a la NTE-070 del RNE, se denomina unidad de albañilería hueca o perforada, a la unidad cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área menor al 70% del área bruta en el mismo plano.

De acuerdo a la NTP 331.017, se denomina unidad de albañilería hueca o perforada, a la unidad cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área menor al 75% del área bruta en el mismo plano.

#### **a.3. Unidades alveolares**

De acuerdo a la NTE-070 del RNE, se denomina unidad de albañilería alveolar, a la unidad sólida o hueca con alveolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de muros armados.

#### **a.4. Unidades tubulares**

La normativa peruana, tanto la NTE-070 del RNE como la NTP 331.017 coinciden en denominar a la unidad de albañilería tubular o pandereta, a la unidad con huecos paralelos a la superficie de asiento.

#### **b. De acuerdo a sus propiedades**

##### **b.1. Según la NTP 331.017**

Se tienen 4 tipos, tal como sigue:

**Tipo 21:** Para uso donde se requiere alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.

**Tipo 17:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia al frío y a la penetración de la humedad.

**Tipo 14:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

**Tipo 10:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

##### **b.2. Según la NTE-070 del RNE**

Aunque el criterio principal es la resistencia a la compresión, esta clasificación incluye otros parámetros como la variación dimensional, la absorción y alabeo. Según esto, se proponen 5 clases denominados con números romanos, siendo el de clase I el de menor calidad y capacidad resistente.

Aunque la norma establece unos valores mínimos y máximos en cada uno de los parámetros considerados, no da mayor explicación sobre sus aplicaciones. Al respecto, San Bartolomé (1994) ofrece una descripción

práctica sobre las aplicaciones de cada una de las categorías mencionadas, que se transcribe a continuación.

**Tipo I:** Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad muy bajas; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencia mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.

**Tipo II:** En esta categoría clasifican los ladrillos que tienen baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse en condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con lluvia, agua o el suelo).

**Tipo III:** Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad; aptos para ser usados en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo.

**Tipo IV:** Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser usados bajo condiciones de servicio moderado. Pueden estar sujetos a condiciones de servicio moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.

**Tipo V:** Estos ladrillos son de muy alta resistencia y durabilidad; aptos para ser usados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de servicio riguroso, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.

#### **2.2.4. Características de aceptación de los ladrillos**

Del Río (1975), Moreno (1981), Somayaji (2001) y Gallegos y Casabonne (2005), coinciden en que un ladrillo considerado como bueno, para muros de albañilería, debe poseer las características generales siguientes: estar bien moldeado, lo que da lugar a caras planas, lados paralelos y los bordes y ángulos agudos. Ser poroso, sin exceso, para poder tomar bien el mortero, no contener sales solubles para no propiciar la eflorescencia, poseer un sonido metálico al ser golpeado con un martillo u otro objeto similar, puesto

que cuando se da este sonido es una muestra que el ladrillo está bien cocido y no tiene defectos como fisuras.

Así mismo debe contar con una geometría homogénea, compacta, luciente y exenta de caliches, no debe estar demasiado cocido ya que produciría una unidad de color violáceo o negruzco, con una estructura vitrificada y brillante, con deformaciones y grietas. Un ladrillo demasiado cocido es muy duro pero la resistencia queda anulada por las fisuras. Tampoco debe estar poco cocido o blando, pues podría desmoronarse fácilmente y daría un sonido sordo. En resumen, las características físicas del ladrillo son que debe tener una buena cocción, un color uniforme, un sonido claro y seco al ser golpeado.

El Reglamento Nacional de Edificaciones (NTE.070 Albañilería) manifiesta que el ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea. Además el ladrillo estará bien cocido, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico. No tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia. No tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

Según la NTP 331.017, los ladrillos estarán libres de defectos, deficiencias y tratamientos superficiales, incluyendo recubrimientos, que pudieran interferir con la adecuada colocación del ladrillo o perjudicar significativamente la resistencia o el desempeño de la construcción.

#### **2.2.5. Propiedades del ladrillo**

Las propiedades de la unidad que están asociadas con la resistencia de la albañilería son (San Bartolomé, 1994):

- Variabilidad dimensional
- Alabeo

- Succión
- Resistencia a la Compresión
- Resistencia a la Tracción.
- 

Las propiedades de la unidad que están asociadas con la durabilidad de la albañilería son (San Bartolomé, 1994):

- Resistencia a la Compresión
- Densidad
- Eflorescencia
- Absorción
- Absorción Máxima
- Coeficiente de Saturación

#### **a. Variación dimensional**

Las dimensiones de la unidad, según la NTE-070 del RNE, se expresan como: largo x ancho x altura, en centímetros. El largo y el ancho se refieren a la superficie de asiento, y las dimensiones nominales – comerciales – usualmente incluyen 1cm de junta.

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta, con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión (Gallegos y Casabonne, 2005).

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 3mm en el espesor de las juntas horizontales – adicionales al mínimo requerido de 10mm -, la resistencia a compresión de albañilería disminuye en 15%; esto también produce disminución en la resistencia al corte (Gallegos y Casabonne, 2005).

Según la norma NTP 331.017, las máximas variaciones permisibles en las dimensiones de las unidades individuales no deben exceder las señaladas en la tabla 1.

Tabla 1. Variaciones permisibles en las dimensiones

Dimensión especificada , mm	Máximas variaciones permisibles respecto a la dimensión especificada más o menos, mm
Hasta 60 , incluido	2,0
Superior a 60 hasta 100 , incluido	3,0
Superior a 100 hasta 140 , incluido	5,0
Superior a 140 hasta 240 , incluido	6,0
Superior a 240 hasta 400 , incluido	8,0

Fuente: NTP 331.017, 2003.

Según la NTE.070 del RNE, las máximas variaciones en las dimensiones de las unidades de albañilería no deben exceder las señaladas en la tabla 2.

Tabla 2. Variaciones máximas en las dimensiones.

CLASE	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)		
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1

Fuente: NTE.070 Albañilería del RNE, 2006.

#### b. Alabeo.

El efecto es semejante al de la variación dimensional, puesto que 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 horizontales alabeadas, afectando directamente la resistencia y la fuerza cortante del muro de albañilería o incluso, puede

producir fallas de tracción por flexión en la unidad (Gallegos y Casabonne, 2005).

Según la NTE.070 del RNE, las máximas variaciones en el alabeo de las unidades de albañilería no deben exceder las señaladas en la tabla 3.

Tabla 3. Variaciones máximas en el alabeo.

CLASE	ALABEO (máx. en mm)
I	10
II	8
III	6
IV	4
V	2

Fuente: NTE.070 Albañilería del RNE, 2006.

### c. Succión.

La succión es la medida de la avidez del agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es la característica fundamental para definir la relación mortero-unidad en la interface de contacto y, por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería (Gallegos y Casabonne, 2005).

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

Se considera que para succiones mayores de 20 gramos por minuto en un área de 200 cm<sup>2</sup> es requisito indispensable del proceso constructivo que las unidades se humedezcan, siguiendo técnicas adecuadas, para modificar la succión del asentado (ITINTEC 331.017,1978)

Las unidades deben tener una succión comprendida entre 10 y 20 gr /200 cm<sup>2</sup>- min, antes de asentarlas (NTE.070,2006).

#### **d. Porcentaje de área de vacíos**

Es una medida del área de vacíos de la unidad de albañilería. La NTE-070 del RNE limita su uso hasta con 30%, mientras que la NTP 331.017 lo hace hasta con 25%. Las perforaciones favorecen a la cocción de los ladrillos de arcilla, sin embargo los debilitan ante los esfuerzos de compresión.

Paredes y Caycho (2009), en su estudio de investigación utilizaron ladrillos de la marca Lark con porcentaje de vacíos de 50.00%, afirman: "las continuas aberturas y cerramientos de las grietas diagonales terminan pulverizando a los ladrillos huecos, perdiéndose notablemente la capacidad portante de los muros, tanto ante cargas sísmicas como de gravedad". Debido a que en muro construido con el porcentaje de vacíos indicado anteriormente, se tiene que: al iniciarse la trituración de los ladrillos en una etapa temprana del ensayo, observándose una degradación importante de resistencia (25%).

Las apreciaciones dadas por Paredes y Caycho (2009) se presentan al utilizar ladrillos con porcentaje de vacíos superiores a los permitidos por las Normas Peruanas. Debido a que el porcentaje de vacíos se encuentra directamente relacionado con el peso de las unidades.

#### **e. Resistencia a la compresión.**

La resistencia a la compresión de la unidad es, por sí sola, su principal propiedad y la que finalmente determina la resistencia a la compresión del muro de albañilería ( $f'm$ ). En general, unos valores altos de resistencia a la compresión señalan una buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable (Gallegos y Casabonne, 2005).

La resistencia a la compresión depende de la naturaleza del material y del contenido regulado de elementos desgrasantes, como una cantidad prudencial de cal y cuarzo contenidos en la arcilla (Mendoza, 1963).

La resistencia a la compresión, tal como se mide actualmente en el ensayo de compresión estándar, es función no sólo de la resistencia intrínseca de la masa, sino de la altura del testigo y de su forma. Consecuentemente, los valores obtenidos son sólo indicativos generales del comportamiento estructural de diferentes unidades cuando integran la albañilería asentada con mortero y/o llenas con concreto líquido. Asimismo, su durabilidad debe ser juzgada acompañando al resultado del ensayo de compresión valores de la absorción máxima y del coeficiente de saturación (Gallegos y Casabonne, 2005).

En la tabla 4 se muestra la resistencia mínima que debe tener cada unidad de acuerdo al tipo de ladrillo según la NTP 331.017,2003.

Tabla 4. Requisitos de Resistencia.

Tipo	Resistencia a la compresión, mínimo, respecto al área bruta promedio. MPa
21	17
17	15
14	10
10	8

Fuente: NTP 331.017, 2003.

En la tabla 5 se muestra la resistencia mínima que debe tener cada unidad de acuerdo al tipo de ladrillo según la NTE.070 del RNE.

Tabla 5. Requisitos de Resistencia para diseño estructural.

CLASE	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_b$ mínimo en MPa ( $Kg / cm^2$ ) sobre área bruta
Ladrillos I	4,9 (50)
Ladrillos II	6,9 (70)
Ladrillos III	9,3 (95)
Ladrillos IV	12,7 (130)
Ladrillos V	17,6 (180)

Fuente: NTE.070 Albañilería del RNE, 2006.

## **f. Módulo de ruptura o Resistencia a Tracción por Flexión**

Al igual que la resistencia a la compresión, sólo constituye una medida de la calidad de la unidad. Su evaluación debería realizarse cuando exista la incertidumbre de utilizar una unidad tipo IV o V, o cuando se tenga un alto alabeo que puede inducir a la unidad a una falla de tracción por flexión (San Bartolomé, 1994).

Se ha dicho que la propiedad característica de la albañilería es su resistencia a la compresión. Cuando un prisma de albañilería es sometido a una carga de compresión la primera falla ocurre al rajarse verticalmente los ladrillos, como consecuencia de la tracción lateral ocasionada por la tendencia del mortero a fluir lateralmente y escapar de entre los mismos. Consecuentemente, al aumentar la resistencia a la tracción del ladrillo se aumenta también la resistencia a la compresión de la albañilería

El módulo de ruptura es una medida aproximada de la resistencia a la tracción del ladrillo (ITINTEC 331.017,1978).

En la tabla 6 se muestra los valores mínimos de ruptura que debe tener las unidades de ladrillo según la ITINTEC 331.017,1978.

Tabla 6. Valores mínimos de módulos de ruptura

<b>TIPO LADRILLO</b>	<b>MÓDULO DE ROTURA(daN/cm<sup>2</sup>)</b>
I	6
II	7
III	8
IV	9
V	10

Fuente: ITINTEC 331.017 ,1978

## **g. Densidad.**

A partir de ensayos realizados se ha establecido que existe una relación estrecha entre la densidad del ladrillo y sus otras propiedades. A mayor

densidad mejores propiedades de resistencia y de perfección geométrica. Consecuentemente, se ha decidido emplear en la Norma el valor de la densidad como un criterio que permite de una manera simple, mediante ensayos fáciles de efectuar prácticamente en cualquier lugar, evaluar la calidad de ladrillo con que se cuenta. (ITINTEC 331.017,1978).

Grimm (1996) afirma: "la densidad de las unidades influye en el peso de las paredes y las variaciones en el peso tienen implicaciones en el diseño estructural, acústico y térmico de las paredes. Presupuestos incorrectos sobre el peso de las paredes pueden producir valores de las cargas muertas y de sismo imprecisos; un factor de seguridad por corte en las paredes reducido y una sobreestimación de las pérdidas por transmisión acústica".

Las apreciaciones dadas por Grimm (1996) se presentan al variar el porcentaje de vacíos de la unidad, debido a que al aumentar el porcentaje de vacíos, disminuye el peso de la unidad, por ende, su densidad y con ello variaciones en el diseño estructural, presupuesto y en el factor de seguridad.

Es así que Abanto (2006), proporciona densidades diferentes para la albañilería con unidades sólidas y huecas, tal como se muestra en la siguiente tabla 7.

Tabla 7. Densidad para albañilería con unidades sólidas y huecas.

Material	Peso (kg / m <sup>3</sup> )
Albañilería de unidades sólidas	1800
Albañilería de unidades huecas	1350

Fuente: Abanto, 2006.

En la tabla 8 se muestra los requisitos de Densidad que debe tener las unidades de ladrillo de acuerdo al tipo de ladrillo según la Norma Técnica ITINTEC 331.017,1978.

Tabla 8. Densidad con la que deberá cumplir los ladrillos.

TIPO	DENSIDAD (mínimo en g/cm <sup>3</sup> )
I Alternativamente	1,50
	Sin limite
II Alternativamente	1,60
	1,55
III	1,60
IV	1,65
V	1,70

Fuente: Norma ITINTEC 331.017 ,1978.

#### **h. Eflorescencia.**

En el contexto de la Norma, la eflorescencia es una medida del afloramiento y cristalización de las sales solubles contenidas en el ladrillo cuando éste es humedecido. La objeción principal a la eflorescencia es su efecto sobre la apariencia de la albañilería; sin embargo puede ocurrir sí las sales que se cristalizan se encuentran en cantidad importante que la presión que estos cristales ejerzan al crecer causen rajaduras y disgregación de la albañilería. Esta posibilidad debe analizarse en el caso en que la muestra sometida al ensayo sea calificada como "eflorescida". (ITINTEC 331.017,1978).

La eflorescencia, se aprecia en la diferencia de colores entre los vértices y la zona central. Dependiendo de que aparezcan manchas blancas, la unidad califica como "Eflorescida", "Ligeramente Eflorescida" o "Sin Eflorescencia". Cabe recalcar que la presencia de sales cristalizadas destruye la superficie del ladrillo; y que de ocurrir este problema, los muros deben limpiarse en seco con una escobilla metálica (San Bartolomé, 1994).

#### **i. Absorción**

Es una medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería. En las unidades de arcilla no debe exceder el 22% (NTE.070 del RNE).

Las unidades de albañilería con absorción mayor al 22% serán más porosas, y por lo tanto, menos resistente a la acción de la intemperie. La unidad porosa absorberá agua del mortero, secándolo e impidiendo el adecuado

proceso de adherencia mortero-unidad, lo que influye en la disminución de la resistencia del muro.

#### **j. Absorción máxima.**

La absorción máxima del ladrillo es considerada como una medida de su impermeabilidad. Los valores indicados como máximos en la Norma se aplican a condiciones de uso en que se requiera utilizar el ladrillo en contacto constante con agua o con el terreno, sin recubrimiento protector. Tal es el caso de cisternas, jardineras y albañilería de ladrillo visto en zonas muy lluviosas (ITINTEC 331.017,1978).

En la tabla 9 se muestra los requisitos de Absorción máxima que debe tener las unidades de ladrillo de acuerdo al tipo de ladrillo según la NTP 331.017,2003.

Tabla 9. Absorción máxima de agua.

Tipo	Absorción de agua, mediante 5 h de ebullición, máx.,%
21	17,0
17	22,0
14 y 10	Sin límite

Fuente: NTP 331.017, 2003.

En la tabla 10 se muestra los requisitos de Absorción máxima que debe tener las unidades de ladrillo de acuerdo al tipo de ladrillo según la Norma Técnica ITINTEC 331.017,1978.

Tabla 10. Requisitos complementarios: Absorción máx.

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

Fuente: Norma ITINTEC 331.017, 1978

#### **k. Coeficiente de Saturación.**

El coeficiente de saturación es considerado como una medida de la durabilidad del ladrillo cuando se encuentra sometido a la acción de la intemperie. El coeficiente de saturación es la relación que existe entre la absorción del ladrillo (cuando se le sumerge en agua un número de horas determinado) y la absorción máxima de ladrillo (medida luego de 5 horas de ebullición). A mayor coeficiente de saturación, mayor será la cantidad de agua que absorbe rápidamente el ladrillo y consecuentemente inferior su resistencia a la intemperie. Así un ladrillo con un coeficiente de saturación menor de 0,8 es poco absorbente y es utilizable para cualquier clima o condición de intemperismo, y un ladrillo con un coeficiente de saturación de 1 es muy absorbente y sólo es utilizable cuando se protege de la intemperie mediante recubrimiento adecuado (ITINTEC 331.017,1978).

El requisito de coeficiente de saturación no se aplica siempre que la absorción de agua fría durante 24 horas de cada unidad de una muestra aleatoria de cinco ladrillos no exceda de 8 %. (NTP331.017 ,2003).

En la tabla 11 se muestra los requisitos de Saturación máxima que debe tener las unidades de ladrillo según la NTP 331.017,2003.

Tabla 11. Coeficiente de saturación máxima de agua.

Tipo	Coeficiente de saturación, máx
21	0,8
17	0,9
14 y 10	Sin limite

Fuente: NTP 331.017, 2003.

En la tabla 12 se muestra los requisitos de Saturación máxima que debe tener las unidades de ladrillo según la Norma Técnica ITINTEC 331.017,1978.

Tabla 12. Requisitos complementarios coeficiente de saturación.

TIPO	COEFICIENTE DE SATURACION (MAX)
I	Sin Límite
II	Sin Límite
III	0,90
IV	0,88
V	0,88

Fuente: Norma ITINTEC 331.017, 1978

### 2.3. Definición de términos básicos

**Alto de ladrillo:** Es la dimensión perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo (ITINTEC 331.017,1978).

**Ancho de ladrillo:** Es la menor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo (ITINTEC 331.017,1978).

**Arcilla:** Agregado mineral terroso o pétreo que consiste esencialmente de silicatos de aluminio hidratados, plástica cuando está suficientemente pulverizada y humedecida, rígida cuando esta seca y vítrea cuando se quema a una temperatura suficientemente alta (NTP 331.017,2003).

**Dimensiones de fabricación:** son aquellas dimensiones adoptadas por el fabricante (NTP 331.017,2003).

**Dimensiones efectivas:** son aquellas que se obtienen por medición directa efectuadas por el fabricante (NTP 331.017,2003).

**Dimensiones nominales:** Dimensiones establecidas en la norma técnica peruana 331.017 para designar el tamaño del ladrillo (NTP 331.017,1978).

**Espécimen:** unidad de ladrillo a ser ensayo (NTP 331.017,2003).

**Largo del ladrillo:** Es la mayor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo (ITINTEC 331.017,1978).

**Ladrillo Industrial:** Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad (ITINTEC 331.017,1978).

**Resistencia a la compresión:** es la relación entre la carga de rotura a compresión de un ladrillo y su sección bruta (NTP 331.017,2003).

**Sección bruta:** es la menor área susceptible de ser obtenida en un plano paralelo al de asiento (NTP 331.017,2003).

**Sección neta:** Es la sección bruta menos el área de los vacíos (NTP 331.017,2003).

## **CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Ubicación geográfica**

La investigación se realizó en la fábrica de ladrillos industriales "CERÁMICOS PAKAMUROS" ubicada dentro del sector de Shanango de la ciudad de Jaén, provincia de Jaén, región Cajamarca. Kilómetro 15 de la carretera Jaén San Ignacio, con las siguientes coordenadas UTM:

Datum: WGS 84

Huso: 17

Zona: M

Este =749850 m

Norte = 9375250 m

Elevación=596 m.s.n.m.

### **3.2. Tiempo de duración**

Se realizó desde el mes de Julio hasta Noviembre del presente año.

### **3.3. Procedimiento**

Para realizar la investigación se consideraron 3 fases: fase de gabinete, Trabajo de campo, fase de laboratorio.

#### **3.3.1. Fase de gabinete**

Para los diferentes ensayos a los ladrillos, se realizó fichas técnicas para la recolección de datos en laboratorio de dichos ensayos. Luego de obtenidos los datos se procedió a realizar el proceso de los mismos así como su evaluación.

### **3.3.2. Trabajo de campo**

Se visitó la fábrica industrial de ladrillos “CERÁMICOS PAKAMUROS”, para la recolección de la muestra en campo, la cual consistió en escoger las unidades de ladrillos al azar y en sacar una muestra de la materia prima con la que se fabrica los ladrillos para la evaluación de sus propiedades (figura 5).

La fábrica produce dos dimensiones de ladrillos King Kong 18 huecos una de 23 x 12 x 9 y otra de 24 x 13 x 9 que ellos identifican como ladrillos tipo IV por lo que se consideró tomar 35 ladrillos de cada medida muestra considerada por la norma NTP 331.017 para la evaluación de sus propiedades respectivas.

La recolección de los ladrillos se hizo mediante dos muestras las que fueron identificadas de la siguiente manera:

**Muestra 1: Ladrillos King Kong 18 huecos de 24 x 13 x 9 cm**

**Muestra 2: Ladrillos King Kong 18 huecos de 23 x 12 x 9 cm**



**Figura 5. Muestreo de las unidades de ladrillo**

Asimismo también se realizó la visita a las ladrilleras artesanales ubicadas en el sector Fila Alta de donde se escogieron 5 ladrilleras al azar para luego sacar una muestra de suelo para su clasificación.

Las muestras se identificaron según los nombres de cada ladrillera artesanal de la siguiente manera:

Ladrillera Aguilar

Ladrillera Llanos

Ladrillera Lozano

Ladrillera Arévalo

Ladrillera Gonzales

### 3.3.3. Fase de Laboratorio

En esta fase se realizaron los ensayos de la materia prima y los ensayos para la evaluación de las propiedades de los ladrillos, siendo necesario que las muestras estén secas.

#### Secado de muestras:

- ✓ Para secar las muestras se deja durante 24 horas en un horno a una temperatura de 110 °C, la muestra se considera seca cuando en dos pesadas sucesivas a intervalos de dos horas muestren un incremento o pérdida no mayor de 0,2 % en peso, para enfriarlos se deja en un ambiente ventilado por un periodo de 4 horas (figura 6)

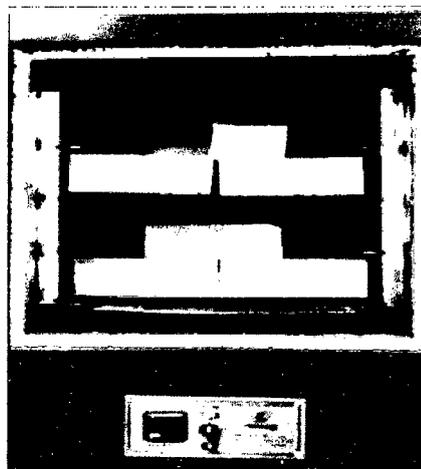


Figura 6. Secado de las unidades de ladrillo en el horno

## **Procedimiento de ensayos**

### **a. Variación dimensional**

Para realizar este ensayo se siguió los procedimientos indicados en la norma ITINTEC 331.018.

#### **a.1.Materiales**

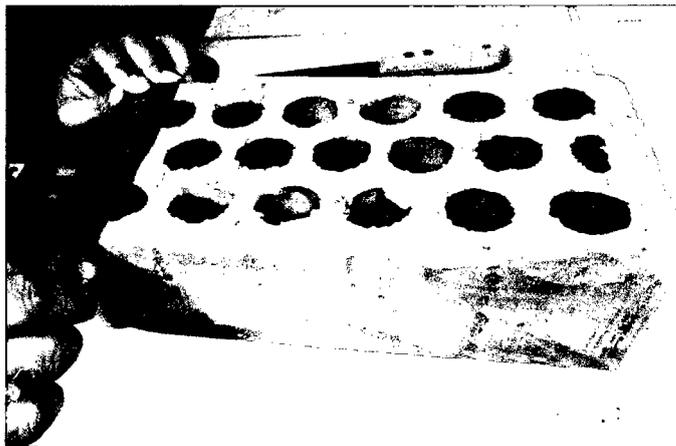
- Regla graduada al milímetro, de 300 mm de longitud.

#### **a.2.Muestra**

- 10 ladrillos King Kong de 18 huecos secos enteros de cada muestra

#### **a.3.Procedimiento**

Se midió milimétricamente los 4 bordes terminales que limitan cada cara. Las dimensiones de largo, ancho y alto se tomaron como el promedio de 4 medidas (figura 7).



**Figura 7. Medición de los ladrillos milimétricamente**

#### **a.4. Expresión de resultados**

Se calculó la variación en milímetros y en porcentaje de cada ladrillo utilizando las siguientes formulas:

$$V (\text{mm}) = DE - MP \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$V(\%) = \frac{DE - MP}{DE} \times 100 \quad \dots \dots \dots (2)$$

En donde:

**V** = Variación de dimensión

**DE** = Dimensiones de fabricación, (mm).

**MP** = Medida promedio en cada dimensión, (mm).

#### **b. Alabeo**

Para realizar este ensayo se siguió los procedimientos indicados en la norma NTP 399.613.

##### **b.1. Materiales**

- Regla con borde recto.
- Regla graduada de acero con divisiones desde un extremo, de 1 mm
- Superficie plana de vidrio, de 300 x 300 mm y plana.

##### **b.2. Muestra**

Se utilizaron 10 ladrillos King Kong 18 huecos de cada muestra enteros secos los mismos que se utilizaron para medir la variación dimensional.

### **b.3.Procedimiento**

#### **b.3.1. Superficies cóncavas**

Se colocó la regla de borde recto diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, se escogió la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto y Usando la regla graduada de acero se midió esta distancia con una aproximación de 1 mm, y se registró como una distorsión cóncava (figura 8).

#### **b.4.2 Superficies convexas**

Se colocó el espécimen con la superficie convexa en contacto con la superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie plana. Usando la regla de acero, se midió la distancia con una aproximación de 1 mm de cada una de las 4 esquinas desde la superficie plana se registró el promedio de las 4 medidas como la distorsión convexa del espécimen.



Figura 8. Medida del alabeo de la superficie cóncava.

### **c. Succión**

Para realizar este ensayo se siguió los procedimientos indicados en la norma NTP 399.613.

#### **c.1. Materiales y Equipos**

- Bandejas para agua, de superficie plana
- Soportes para ladrillos: Se usaron dos barras de acero no corrosible, de 150 mm de longitud, de diámetro 1/2".
- Balanza electrónica con aproximación a 0,1 g
- Horno de secado
- Cronómetro

#### **c.2. Muestra de prueba**

Se ensayaron 5 ladrillos King Kong 18 huecos enteros secos de cada muestra.

#### **c.3. Procedimiento**

Para realizar el ensayo se pesaron las unidades secas con una precisión de 0.50 gr. Se toman medidas con precisión milimétrica del largo y ancho de las caras de las unidades que estuvieron en contacto con el agua

En la bandeja nivelada con agua se colocaron las muestras en unas barras de apoyo y se tomó el tiempo, la muestra estuvo en contacto con el agua durante 1 min, luego de esto se retiró, se secó y se pesó inmediatamente (figura 9).

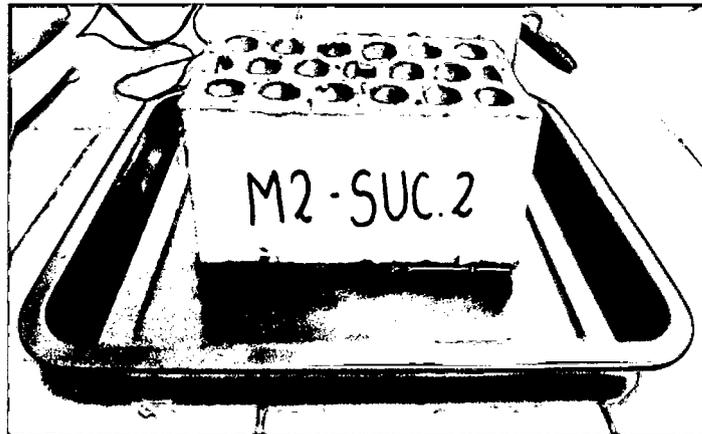


Figura 9. Desarrollo del ensayo de succión.

#### c.4 Cálculo

El área de contacto de la muestra es mayor a  $200 \text{ cm}^2$ , por lo tanto el ensayo se tiene que corregir con la siguiente fórmula:

$$s = \frac{200 W}{L B} \dots \dots \dots (3)$$

Dónde:

W = Diferencia de pesos del espécimen, (g).

L = Largo promedio de la superficie de contacto, (cm).

B = Ancho promedio de la superficie de contacto, (cm).

S = Succión normalizada en  $200 \text{ cm}^2$

#### d. Porcentaje de área de vacíos

Para realizar este ensayo se siguió los procedimientos indicados en la norma NTP 399.613.

#### **d.1.Materiales**

- Regla de acero
- Probeta con capacidad de 500 ml.
- una hoja de papel de 610 mm x 610mm.
- 500 ml de arena limpia y seca (pasa la malla N°20).
- Varilla de acero con borde recto.
- Una superficie lisa y nivelada.
- Escobilla de cerda suave.
- Balanza

#### **d.2.Muestra**

Se usaron 10 unidades de ladrillos King Kong 18 huecos de cada muestra los mismos que se utilizaron para el ensayo de variación dimensional.

#### **d.4.Procedimiento**

- Sobre la superficie lisa se apoyó la hoja de papel y se colocó el espécimen a ser ensayado (perforaciones verticales). Luego se rellenó las perforaciones permitiendo que la arena caiga libremente (altura promedio de 10 cm. Utilizando la varilla de acero con borde recto se niveló la arena en las perforaciones y con la escobilla se retiró todos los excesos de arena (figura 10).
- Se levantó el espécimen posibilitando que la arena de las perforaciones caiga sobre las hojas de papel. La arena se pesó y se registró con aproximación de 0,1 g.
- Con una porción separada de arena, se llenó la probeta de 500 ml hasta la graduación de 500 ml, posibilitando que la arena caiga de manera natural y sin agitar ni vibrar la probeta. Luego se pesa esta arena con aproximación de 0,1 g.



Figura 10. Ladrillo con los alveolos llenos de arena.

#### d.5.Cálculo

El volumen de arena contenido en el espécimen de ensayo se determinó con la fórmula:

$$V_s = \frac{500 \text{ ml}}{S_c} \times S_u \dots \dots \dots (4)$$

Dónde:

$V_s$ : Volumen de arena contenida en el espécimen de ensayo, (ml).

$S_c$ : Peso, de 500 ml de arena contenida en la probeta graduada, (g).

$S_u$ : Peso de la arena contenida en el ladrillo de ensayo, (g).

El porcentaje de vacíos se determinó con la fórmula:

$$\% \text{ Área Vacios} = \frac{V_s}{V_u} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

Dónde:

$V_s$ : Volumen de arena determinado, (ml).

$V_u$ : Longitud x ancho x profundidad del ladrillo, ( $\text{cm}^3$ )

## **e. Resistencia a la compresión**

Para realizar este ensayo se siguió los procedimientos indicados en la norma NTP 399.613.

### **e.1. Equipo**

Máquina para ensayo de compresión.

### **e.2. Espécimen de prueba**

Se ensayaron 5 unidades secas de cada muestra.

### **e.3. Refrentado con yeso**

Se aplicó una capa delgada de pasta de yeso extendiéndola hasta obtener una superficie plana y uniforme en ambas caras del ladrillo, luego se dejó reposar 24 horas antes de realizar el ensayo (figura 11).



Figura 11. Ladrillo refrentado con yeso.

### **e.4. Procedimiento**

Primeramente se midió el largo y el ancho para calcular el área de contacto del ladrillo.

Luego se colocó el ladrillo en la máquina de compresión, el ladrillo se colocó entre 2 platinas de acero para que la fuerza aplicada se distribuya en toda el área de contacto, registrándose la carga última que soporta el ladrillo (figura 12).

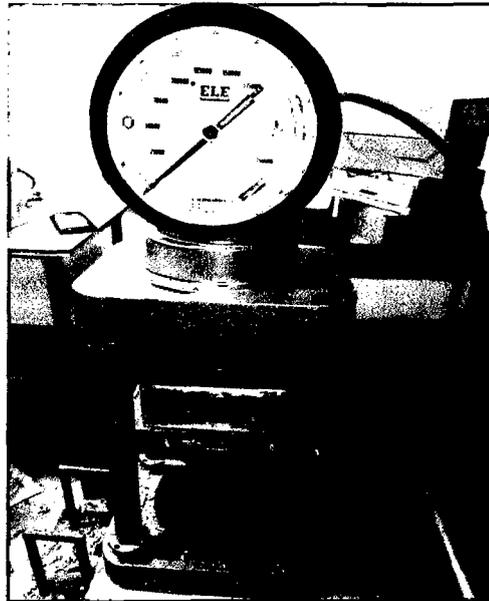


Figura 12. Muestra colocada en la máquina de ensayo.

#### e.5.Cálculo

Se calcula la resistencia a la compresión de cada espécimen con la ecuación que se indica a continuación,

$$C = \frac{W}{A} \dots \dots \dots (6)$$

Dónde:

C = Resistencia a la compresión del espécimen, (Kg/cm<sup>2</sup>).

W = Máxima carga, indicada por la máquina de ensayo (Kg).

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, (cm<sup>2</sup>).

Luego se calculó la desviación estándar para encontrar la resistencia característica de la muestra con las siguientes expresiones.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(C_i - C)^2}{n - 1}} \dots \dots \dots (7)$$

$$f'b = C - \sigma \dots \dots \dots (8)$$

Dónde:

$\sigma$  = Desviación estándar

$C_i$  = Resistencia a la compresión de cada espécimen, (Kg/cm<sup>2</sup>).

$C$  = Resistencia a la compresión promedio de la muestra, (Kg/cm<sup>2</sup>).

$n$  = número de ladrillos ensayados

#### **f. Módulo de rotura (ensayo de flexión)**

Para realizar este ensayo se siguió los procedimientos indicados en la norma ITINTEC 331.018

##### **f.1. Materiales y Equipos**

Máquina para ensayo de compresión.

Apoyos en los cuales se va apoyar los especímenes.

##### **f.2. Muestra de prueba**

Se ensayaron 5 ladrillos King Kong 18 huecos enteros completamente secos de cada muestra.

### f.3. Procedimiento

Se Colocó una capa de yeso sobre las superficies hasta obtener una superficie plana y uniforme en ambas caras del ladrillo, luego se dejó reposar 24 horas antes de realizar el ensayo.

Se midió el largo y la altura del ladrillo, así como también la separación de eje a eje de los apoyos.

Se coloca el espécimen con la cara mayor más plana sobre los apoyos, luego se colocó el ladrillo en la máquina de compresión sobre los apoyos y se coloca sobre el ladrillo en la parte central una barra de acero de diámetro 3/4" para que esta transmita un carga concentrada, y se empezó aplicar la carga (figura 13).

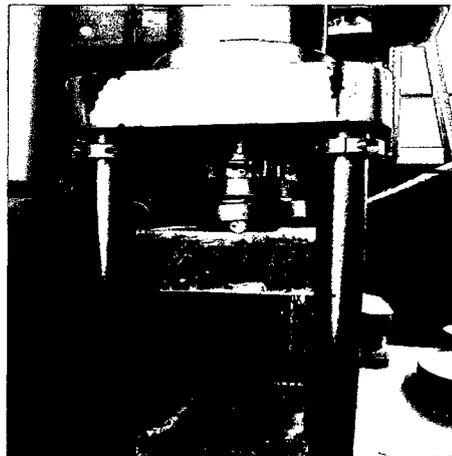


Figura 13. Muestra ubicada sobre los apoyos en la máquina.

### f.4. Expresión de resultados

El módulo de rotura se calculó con la ecuación siguiente:

$$f_r = \frac{3PL}{2bh^2} \dots \dots \dots (9)$$

Dónde:

$F_r$  = módulo de rotura, ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

P = carga de rotura, (Kg).

L = distancia entre apoyos, (cm).

b = ancho promedio del espécimen cara a cara, (cm).

h = espesor promedio del espécimen cara a cara, (cm).

### **g. Densidad**

Para realizar este ensayo se siguió los procedimientos indicados en la norma ITINTEC 331.018.

#### **g.1. Materiales**

- Balanza con una precisión de 0,1 g.
- Termómetro
- Recipiente grande

#### **g.2. Muestra**

5 ladrillos secos enteros de cada muestra

#### **g.3. Procedimiento**

- Se pesaron los ladrillos completamente secos (G3). Luego se colocaron los especímenes en un recipiente lleno de agua potable hirviendo, manteniéndolos durante 3 h en ebullición (figura 14).
- Se dejó enfriar hasta una temperatura entre 16 °C a 30 °C para luego pesarlos cuando están sumergidos (G 2), equilibrando previamente la balanza con el dispositivo de suspensión y el espécimen sumergido.

- Se retiró el espécimen del recipiente secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesó (G 1).



Figura 14. Muestra durante las 3 horas de ebullición.

#### **g.4.Expresión de resultados**

El volumen del espécimen se calculó con la siguiente ecuación:

$$V = G1 - G2 \dots \dots \dots (10)$$

Dónde:

V = volumen, (cm<sup>3</sup>).

G1= masa del espécimen saturado (3 horas de ebullición), (g).

G2= masa del espécimen saturado sumergido, (g).

La densidad será:

$$D = \frac{G3}{V} \dots \dots \dots (11)$$

Dónde:

D = es la densidad del espécimen, (g/cm<sup>3</sup>).

G3= es la masa del espécimen seco, (g).

V = volumen, (cm<sup>3</sup>).

## **h. Eflorescencia**

Para realizar este ensayo se siguió los procedimientos indicados en NTP 399.613.

### **h.1. Materiales y Equipos**

- Bandejas
- Horno de secado

### **h.2. Especímenes de ensayo**

Se utilizaron 10 ladrillos enteros secos de cada muestra.

### **h.3. Procedimiento**

Se distribuyeron los 10 ladrillos en 5 pares, de manera que cada par tengan la misma apariencia tanto como sea posible. Luego se colocó un espécimen de cada uno de los 5 pares, con un extremo parcialmente sumergido en agua potable en aproximadamente 25 mm, por 7 días en un cuarto donde no ingresen directamente los rayos solares. El segundo par de especímenes también se colocaron en el cuarto de secado pero sin contacto con el agua (figura 15).

Después de los siete días se inspeccionó el primer conjunto de especímenes y luego se puso a secar ambos conjuntos en el horno de secado por 24 horas.

### **h.4. Análisis**

Después de secado, se examinó y comparó cada par de especímenes, observando la parte superior y las cuatro caras de cada espécimen.

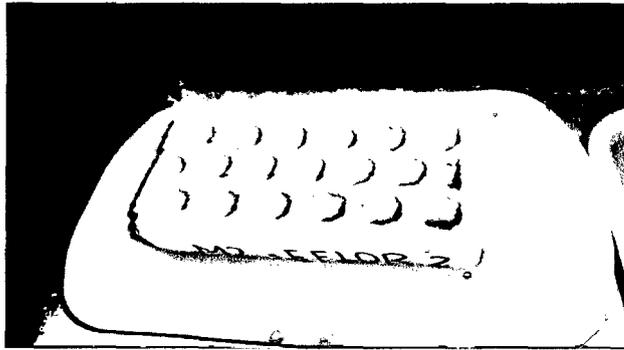


Figura 15. Espécimen en el cuarto de secado en contacto con el agua.

### **i. Absorción**

Se consideró los procedimientos indicados en NTP 399.613.

#### **i.1. Materiales**

La balanza con aproximación de 0,1 g.

#### **i.2. Especímenes de prueba**

Se ensayaron 5 unidades de cada muestra.

#### **i.3. Procedimiento**

Se pesó los especímenes, luego se introdujeron en un recipiente con agua fría y se dejó reposar completamente sumergidas durante 24 horas (figura 16).

Después de ese tiempo se retiraron del recipiente y se secó el agua superficial con un paño húmedo y se pesó.

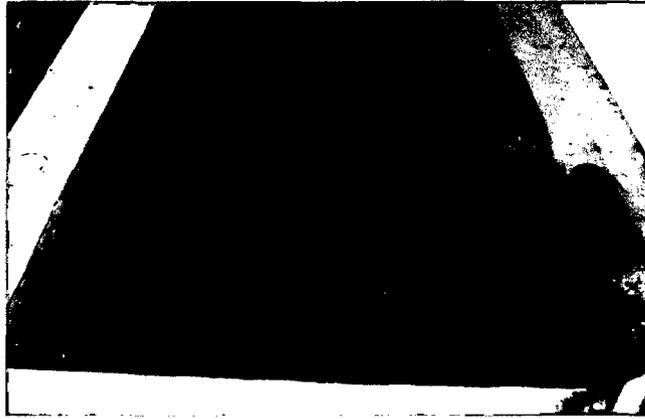


Figura 16. Reposo de las muestras en agua fría durante 24 horas.

#### **i.4.Cálculo**

Se Calculó la absorción de cada espécimen con la siguiente expresión:

$$\text{Absorción \%} = \frac{100 (W_s - W_d)}{W_d} \dots \dots \dots (12)$$

Dónde:

$W_d$  = Peso seco del espécimen, (g).

$W_s$  = Peso del espécimen saturado, después de 24 horas de sumersión en agua fría, (g).

#### **j. Absorción Máxima**

Para realizar este ensayo se siguió los procedimientos indicados en NTP 399.613.

##### **j.1. Especimen de prueba**

Se utilizaron los mismos especímenes que de la prueba de 24 horas de sumersión en agua fría (absorción).

## **j.2. Procedimiento**

Este ensayo consistió en sumergir el espécimen en agua limpia (potable), y Calentar hasta el punto de ebullición en una hora, luego se dejó hervir por 5 horas transcurrido este tiempo se pone a enfriar a una temperatura entre 16 °C a 30 °C (perdida natural del calor) (figura 17).

Una vez fríos se sacaron de la sumersión y se limpió el agua superficial con un paño y se pesó. Todos los especímenes se pesaron antes de 5 minutos después de retirarlos del agua (figura 18).



Figura 17. Muestras en ebullición durante 5 horas

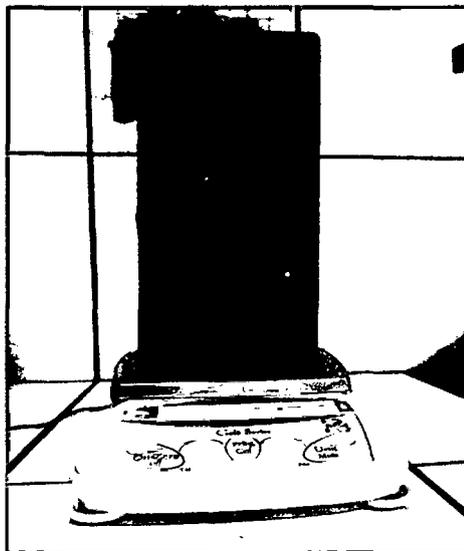


Figura 18. Peso de la muestra después de la sumersión

### **j.3.Cálculo**

Se calculó la absorción máxima de cada espécimen con la expresión:

$$\text{Absorción máxima\%} = \frac{100 (W_b - W_d)}{W_d} \dots \dots \dots (13)$$

Dónde:

$W_d$  = Peso seco del espécimen, (g).

$W_b$  = Peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua caliente, (g).

### **k. Coeficiente de saturación**

Para calcular el coeficiente de saturación se utilizaron los resultados obtenidos en absorción y absorción máxima y se reemplaron en la expresión:

$$\text{coeficiente de saturación} = \frac{(W_s - W_d)}{(W_b - W_d)} \dots \dots \dots (14)$$

Dónde:

$W_d$  = peso seco del espécimen, (g).

$W_s$  = peso del espécimen saturado, después de 24 horas de sumersión en agua fría, (g).

$W_b$  = peso del espécimen saturado después de 5 horas de sumersión en agua caliente, (g).

## **I. Análisis Granulométrico**

El análisis granulométrico se realizó por el método de lavado ya que la muestra contiene gran cantidad de partículas finas, se siguió el procedimiento indicado en la norma NTP 339.128.

### **I.1. Materiales y equipos**

- ✓ Juego de tamices N° 4, 10, 20, 30, 40, 60, 100, 200.
- ✓ Balanza de sensibilidad a 0.1 g
- ✓ Estufa con control de temperatura
- ✓ Recipientes (tara)

### **I.2. Muestra**

Se utilizó aproximadamente 200 g de suelo

### **I.3. Procedimiento**

Toda la muestra que se trajo de campo se expuso al aire libre hasta su secado total; la muestra seca se colocó sobre una superficie plana y se empezó a mezclarla y luego se procedió a dividirla en cuatro partes iguales, de los cuales se separó dos cuartos diagonalmente opuestos, los dos cuartos restantes se mezclaron sucesivamente y se repitió la misma operación hasta que se obtuvo la muestra requerida para el ensayo, pesando esta representativa (Pms).

Se colocó la muestra en un recipiente y se empapo con agua, se dejó remojar por varias horas (figura 19), la muestra empapada se colocó en la malla N° 200 y se empezó a lavar cuidadosamente el material utilizando agua a chorro evitando la pérdida del material, hasta que el agua que paso a través del tamiz mantenga su transparencia.

Se recuperó las partículas retenidas en la malla N° 200 y se colocó en un recipiente y se las seco en la estufa durante 24 horas a 110 °C, la muestra ya seca se pasó por el juego de tamices (figura 20), y se pesó el material retenido en cada tamiz (PR), y se determinó el peso del suelo perdido durante el lavado, lo cual nos indico el suelo que paso el tamiz N° 200.



Figura 19. Remojo de la muestra



Figura 20. Tamizado de la muestra

#### I.4.Cálculo

Se calculó los porcentajes de los peso retenidos en cada tamiz con la siguiente expresión

$$\% \text{ PR} = 100 \times \frac{\text{PR}}{\text{Pms}} \dots \dots \dots (15)$$

Dónde:

Pms= Peso de la muestra seca,(g).

PR= Peso retenido, (g).

Se determinó los porcentajes de los pesos retenidos acumulados (%PRA) y los complementos a 100 % que son los porcentajes pasantes acumulativos:

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{PRA} \dots \dots \dots (16)$$

Se dibujó la curva granulométrica

### **m. Límite líquido**

Para realizar este ensayo se siguió los procedimientos de la NTP 339.129.

#### **m.1.Materiales y equipos**

- Tamiz N° 40
- Copa Casagrande
- Acanalador
- Espátula
- Balanza con sensibilidad a 0.1 g
- Estufa con control de temperatura
- Probeta graduada
- Mortero
- Recipiente (taras)

#### **m.2.Muestra**

Se utilizó aproximadamente 100 g de suelo que pasó la malla 40 de la muestra original, secada al aire.

#### **m.3.Procedimiento**

Se realizó el ajuste y el control de la copa Casagrande.

Se colocó la muestra dentro del mortero y se empezó agregar agua hasta obtener una pasta homogénea.

Se colocó el suelo dentro de la taza del equipo Casagrande con la ayuda de la espátula y se enrasa hasta obtener una masa de 1 cm de espesor. Mediante el ranurador se hizo una ranura a lo largo de la muestra (2mm de ancho en la base).

Una vez hecho el surco se empezó a golpear la taza de bronce girando la manija, a una velocidad de 2 golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta se juntaron aproximadamente 12.7 mm, se anota el número de golpes requeridos para cerrar la ranura (figura 21).

Se tomó parte del suelo del sector donde se cerró la ranura y fue llevada a un recipiente, y se registró su peso, luego se lo llevo a la estufa por 24 horas y una vez seco el suelo se volvió a pesar.

Este proceso se repitió 3 veces, y así obtuvimos otros puntos con diferente humedad y numero de golpes. Las muestras que se consideraron fueron las que se encontraron con un número de golpes entre 10 a 35 golpes.

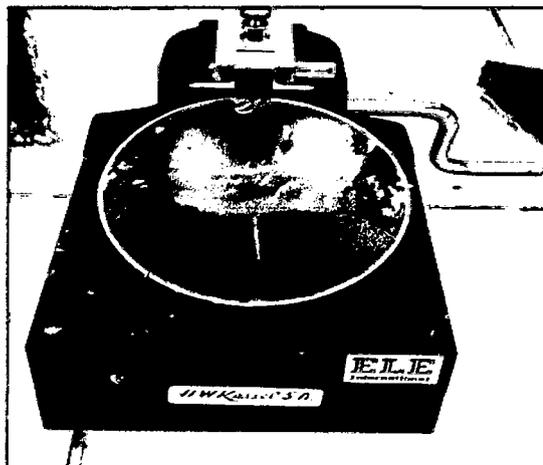


Figura 21. Pasta homogénea en la copa Casagrande

#### **m.4. Cálculos**

Se determinó el contenido de agua, expresado en porcentaje de peso de suelo seco:

$$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100 \dots \dots \dots (17)$$

Dónde:

$w_w$  = peso del agua presente dentro de la muestra, (g). Se determinó como la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco de la muestra.

$w_s$  = peso seco de la muestra, (g).

#### **m.5. Elaboración de la curva de flujo**

Con los puntos obtenidos se dibujó un gráfico en escala semilogarítmica con el número de golpes como abscisa en escala logarítmica vs el contenido de humedad como ordenada en escala aritmética. Luego se expresó el límite líquido como la humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la abscisa de 25 golpes aproximado al entero más próximo.

#### **n. Límite Plástico**

Para realizar este ensayo se siguió los procedimientos de la NTP 339.129.

##### **n.1. Materiales y Equipos**

- Tamiz N° 40
- Espátula
- Balanza con sensibilidad a 0.1 g
- Estufa con control de temperatura
- Probeta graduada
- Mortero
- Recipiente (taras)

- Patrón de comparación (repuesto de lapicero)
- Placa de vidrio esmerilado

## n.2.Procedimiento

Se colocó la muestra dentro de un recipiente y se empezó agregar agua hasta que se obtuvo una pasta homogénea, y con la ayuda de la mano se empezó a moldear una parte de la pasta sobre la placa de vidrio, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros de diámetro 3 mm hasta que se empezó a resquebrajar, luego se llevó los cilindros a un recipiente y se registró su peso, luego; el proceso se repitió por 2 veces, con estos pesos se determinó el contenido de humedad.

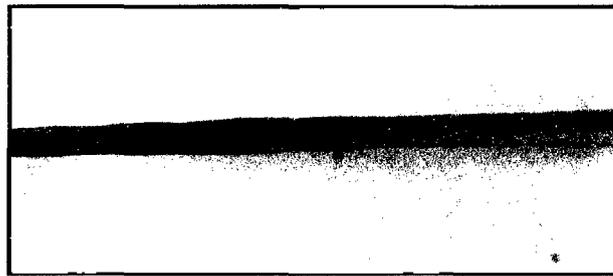


Figura 22. Cilindro de pasta de suelo resquebrajado

## n.3. Cálculos

El contenido de agua, expresado en porcentaje de peso de suelo seco se determinó con la siguiente expresión:

$$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100 \dots \dots \dots (18)$$

Dónde:

$w_w$  = peso del agua presente dentro de la muestra, (g). Se determinó como la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco de la muestra.

$w_s$  = peso seco de la muestra, (g).

El límite plástico se determinó como el promedio de los dos valores de contenido de humedad.

#### **o. Índice de plasticidad**

El índice de plasticidad del suelo se determinó con los datos de límite líquido y límite plástico utilizando la siguiente expresión:

$$IP = LL - LP \dots \dots \dots (19)$$

Dónde:

IP= Índice de plasticidad.

LL= Límite líquido.

LP= Límite plástico.

#### **p. Clasificación de suelo**

Con los datos obtenidos en la granulometría, límite líquido e índice de plasticidad se clasificó el suelo con la ayuda de la ficha n° 13.

### **3.4. Tratamiento y análisis de datos.**

El tratamiento y análisis de datos se realizó en gabinete utilizándose los parámetros de la estadística descriptiva. Para ello se procesaron los datos de los ensayos recopilados en las fichas técnicas utilizando las ecuaciones de cada propiedad mediante el uso de tablas, y luego con los resultados promedio finales y los parámetros que establecen las normas NTP 331.017, ITINTEC 331.017 y NTE.070 se realizaron gráficos estadísticos, que permitieron conclusiones sólidas y confiables.

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Materia prima

#### 4.1.1. Clasificación de suelo

En la tabla 13 se muestra los resultados de la granulometría de suelos usados en la fábrica "CERAMICOS PAKAMUROS" donde se observa que la muestra de suelo tiene 71,91% de limos y arcillas y 28,09 % de arenas.

Tabla 13. Granulometría del suelo de la fábrica "CERAMICOS PAKAMUROS"

N°	TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
	ABERTURA (mm)				
N°4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 10	2,00	5,10	5,10	2,85	97,15
N° 20	0,85	8,40	13,50	7,55	92,45
N° 30	0,59	3,80	17,30	9,68	90,32
N° 40	0,43	3,70	21,00	11,75	88,25
N° 60	0,25	7,40	28,40	15,89	84,11
N° 100	0,11	8,30	36,70	20,54	79,46
N° 200	0,075	13,50	50,20	28,09	71,91
Cazoleta		128,50	178,70	100,00	0,00
TOTAL		178,7			

En las tablas 14, 15, 16, 17 y 18 se muestran los resultados de las granulometrías de los suelos usados por las ladrilleras artesanales.

Tabla 14. Granulometría del suelo de la ladrillera Aguilar

N°	TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL (G)	PESO RETENIDO ACUMULADO(G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
	ABERTURA (MM)				
N°4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 10	2,00	1,50	1,50	0,41	99,59
N° 20	0,85	7,90	9,40	2,57	97,43
N° 30	0,59	7,80	17,20	4,71	95,29
N° 40	0,43	9,20	26,40	7,23	92,77
N° 60	0,25	14,20	40,60	11,12	88,88
N° 100	0,11	10,10	50,70	13,89	86,11
N° 200	0,075	29,30	80,00	21,91	78,09
Cazoleta		285,10	365,10	100,00	0,00
TOTAL		365,10			

De la granulometría de la ladrillera Aguilar se obtuvo que el suelo contiene 21,91 % de limos y arcillas y 78,09 % de arenas.

Tabla 15. Granulometría del suelo de la ladrillera Llanos

N°	TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO(g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
	ABERTURA (mm)				
n°4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
n° 10	2,00	2,10	2,10	0,58	99,42
n° 20	0,85	7,70	9,80	2,69	97,31
n° 30	0,59	7,90	17,70	4,86	95,14
n° 40	0,43	8,50	26,20	7,19	92,81
n° 60	0,25	14,20	40,40	11,09	88,91
n° 100	0,11	9,90	50,30	13,81	86,19
n° 200	0,075	28,10	78,40	21,52	78,48
Cazoleta	-.-	285,90	364,30	100,00	0,00
total		364,30			

De la granulometría de la ladrillera Llanos se obtuvo que el suelo contiene 78,48% de limos y arcillas y el 21,52 % de arenas

**Tabla 16. Granulometría del suelo de la ladrillera Lozano**

Nº	TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
	ABERTURA (mm)				
Nº4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
Nº 10	2,00	2,10	2,10	0,58	99,42
Nº 20	0,85	8,10	10,20	2,81	97,19
Nº 30	0,59	7,90	18,10	4,98	95,02
Nº 40	0,43	10,10	28,20	7,76	92,24
Nº 60	0,25	13,80	42,00	11,55	88,45
Nº 100	0,11	10,10	52,10	14,33	85,67
Nº 200	0,075	28,80	80,90	22,25	77,75
Cazoleta	--	282,70	363,60	100,00	0,00
TOTAL		363,60			

De la granulometría de la ladrillera Lozano se obtuvo que el suelo contiene 77,75% de limos y arcillas y el 22,25 % de arenas.

**Tabla 17. Granulometría del suelo de la ladrillera Arévalo**

Nº	TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
	ABERTURA (mm)				
Nº4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
Nº 10	2,00	2,40	2,40	0,65	99,35
Nº 20	0,85	8,30	10,70	2,89	97,11
Nº 30	0,59	7,50	18,20	4,91	95,09
Nº 40	0,43	8,10	26,30	7,10	92,90
Nº 60	0,25	14,30	40,60	10,96	89,04
Nº 100	0,11	9,80	50,40	13,61	86,39
Nº 200	0,075	28,90	79,30	21,41	78,59
CAZOLETA	--	291,10	370,40	100,00	0,00
TOTAL		370,40			

De la granulometría de la ladrillera Arévalo se obtuvo que el suelo contiene el 78,59% de a limos y arcillas y el 21,41 % de arenas

Tabla 18. Granulometría del suelo de la ladrillera Gonzales

TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
Nº	ABERTURA (mm)				
Nº4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
Nº 10	2,00	1,40	1,40	0,38	99,62
Nº 20	0,85	7,60	9,00	2,47	97,53
Nº 30	0,59	7,20	16,20	4,45	95,55
Nº 40	0,43	8,90	25,10	6,90	93,10
Nº 60	0,25	14,50	39,60	10,89	89,11
Nº 100	0,11	9,70	49,30	13,55	86,45
Nº 200	0,075	28,90	78,20	21,50	78,50
CAZOLETA	--	285,60	363,80	100,00	0,00
TOTAL		363,80			

De la granulometría de la ladrillera Arévalo se obtuvo que el suelo contiene el 78,50% de limos y arcillas y el 21,50 % de arenas.

En la tabla 19 se muestra los porcentajes de arena, limo y arcilla que contiene los suelos de cada ladrillera.

Tabla 19. Porcentajes de arena, limo y arcilla de las ladrilleras

suelo	PORCENTAJE QUE CONTIENE					
	Fabrica "Cerámicos Pakamuros"	LADRILLERAS ARTESANALES				
		Aguilar	Llanos	Lozano	Arévalo	Gonzales
Arena (4,75 -0,075 mm)	28,09	21,91	21,52	22,25	21,41	21,50
Arcillas y limos (< 0.075 mm)	71,91	78,09	78,48	77,75	78,59	78,50
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Como se puede observar en la tabla 19 todos los suelos de las ladrilleras contienen arena en un rango de 21,41 a 28,09 %, porcentajes que están muy cercas a 33 % propuesto por San Bartolomé (1994) para reducir los efectos de secado por contracción de los ladrillos.

En la tabla 20 se muestra la clasificación de suelos de todas las ladrilleras, donde se observa que todos los suelos clasifican como CL (arcilla inorgánica mediana plasticidad, arcilla arenosa y limosa).

Tabla 20. Clasificación de suelo de todas las ladrilleras

Mallas	Abertura (mm)	Fabrica "Cerámicos Pakamuros"	PORCENTAJE QUE PASA				
			LADRILLERAS ARTESANALES				
			Aguilar	Llanos	Lozano	Arévalo	Gonzales
N° 4	4,75	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
N° 10	2,00	97,15	99,59	99,42	99,42	99,35	99,62
N° 40	0,43	88,25	92,77	92,81	92,24	92,90	93,10
N° 200	0,08	71,91	78,09	78,48	77,75	78,59	78,50
LIMITE LIQUIDO (%)		48,00	41,00	38,00	34,00	41,00	44,00
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		22,00	18,00	22,00	21,00	20,00	19,00
CLASIFICACIÓN SUCS		CL	CL	CL	CL	CL	CL

## 4.2. Evaluación de las propiedades del ladrillo industrial King Kong 18 huecos

### 4.2.1. Variación dimensional

En las tablas 21 y 22 se presentan los resultados de la variación dimensional respecto a las dimensiones de fabricación, las variaciones dimensionales promedio obtenidas para la muestra 1 y 2 fueron de 0,71 mm o 0,3 % y 0,91 mm o 0,4 % para el largo; para el ancho 0,55 mm o 0,4 % y 2,76 mm o 2,1; y para el alto de 1,44 mm o 2 % y 1,08 mm o 1 %, respectivamente

Tabla 21. Variación Dimensional de los ladrillos de la muestra 1

Unidad	Largo			Ancho			Alto		
	Promedio	Varia (mm)	Varia (%)	Promedio	Varia (mm)	Varia (%)	Promedio	Varia (mm)	Varia (%)
M1-L1	240,13	0,13	0,05	129,00	1,00	0,77	89,38	0,63	0,69
M1-L2	241,50	1,50	0,63	129,88	0,13	0,10	91,50	1,50	1,67
M1-L3	239,50	0,50	0,21	130,00	0,00	0,00	91,25	1,25	1,39
M1-L4	240,75	0,75	0,31	128,25	1,75	1,35	90,25	0,25	0,28
M1-L5	240,50	0,50	0,21	130,25	0,25	0,19	88,50	1,50	1,67
M1-L6	241,13	1,13	0,47	130,25	0,25	0,19	91,00	1,00	1,11
M1-L7	241,75	1,75	0,73	130,63	0,63	0,48	93,50	3,50	3,89
M1-L8	240,38	0,38	0,16	130,25	0,25	0,19	92,13	2,13	2,36
M1-L9	240,38	0,38	0,16	130,25	0,25	0,19	92,00	2,00	2,22
M1-L10	240,13	0,13	0,05	129,00	1,00	0,77	89,38	0,63	0,69
Promedio (%) =		0,71	0,3		0,55	0,4		1,44	2

Tabla 22. Variación Dimensional de la muestra 2

Unidad	Largo			Ancho			Alto		
	Promedio	Varia (mm)	Varia (%)	Promedio	Varia (mm)	Varia (%)	Promedio	Varia (mm)	Varia (%)
M2-L1	228,75	1,25	0,52	123,38	3,38	2,60	90,00	0,00	0,00
M2-L2	229,25	0,75	0,31	124,00	4,00	3,08	88,25	1,75	1,94
M2-L3	229,00	1,00	0,42	121,75	1,75	1,35	89,75	0,25	0,28
M2-L4	228,75	1,25	0,52	122,25	2,25	1,73	87,75	2,25	2,50
M2-L5	228,25	1,75	0,73	122,00	2,00	1,54	89,50	0,50	0,56
M2-L6	230,00	0,00	0,00	123,50	3,50	2,69	92,50	2,50	2,78
M2-L7	230,38	0,38	0,16	121,88	1,88	1,44	90,13	0,13	0,14
M2-L8	231,13	1,13	0,47	122,50	2,50	1,92	90,88	0,88	0,97
M2-L9	230,88	0,88	0,36	123,00	3,00	2,31	91,75	1,75	1,94
M2-L10	230,75	0,75	0,31	123,38	3,38	2,60	90,75	0,75	0,83
PROMEDIO (%) =		0,91	0,4		2,76	2,1		1,08	1

En las figuras 23 y 24 se muestran las comparaciones de los promedios obtenidos en milímetros de las variaciones dimensionales de las muestras 1 y 2 con los rangos máximos que establece la NTP 331.017.

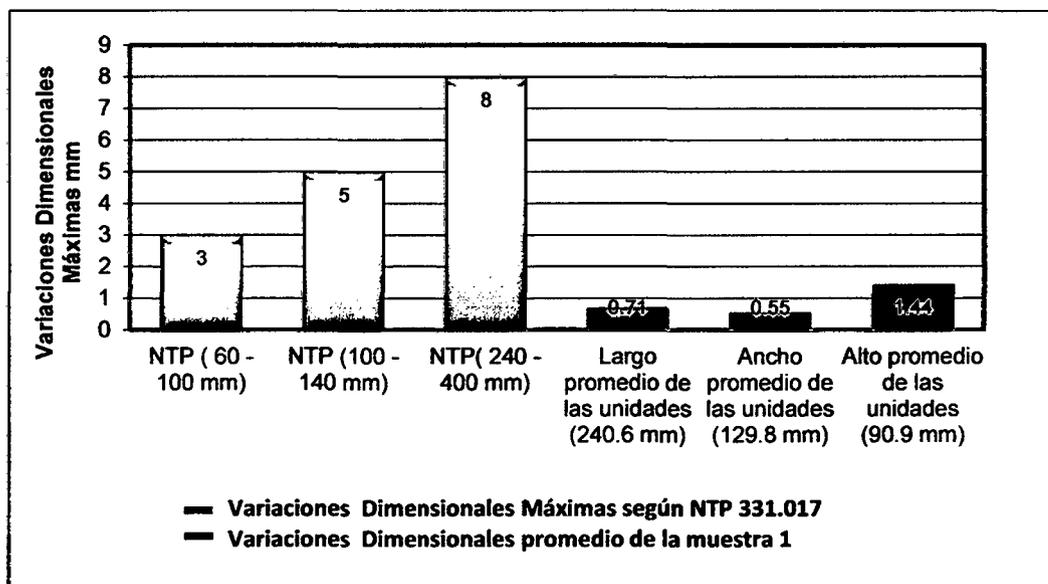


Figura 23. Variación Dimensional de la muestra 1 y de la NTP 331.017.

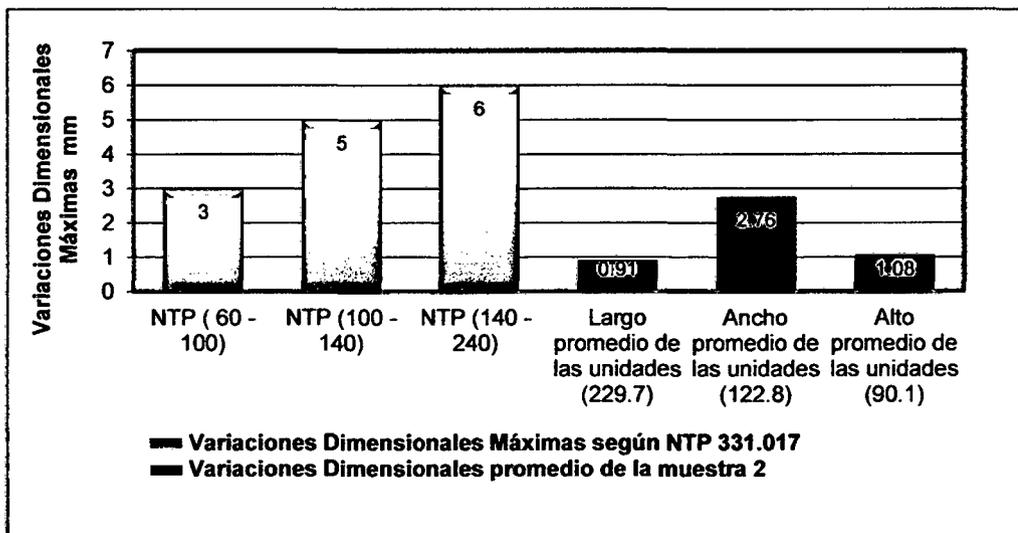


Figura 24. Variación Dimensional de la muestra 1 y de la NTP 331.017.

Como se puede observar en las Figuras 23 y 24 las variaciones de las medidas de los ladrillos tanto de la muestra 1 y 2 están por debajo del rango permisible por la NTP 331.017 por lo tanto las unidades son aceptables.

En las figuras 25, 26 y 27 se muestran las comparaciones de los promedios obtenidos en porcentajes de las variaciones dimensionales de las muestras 1 y 2 con los rangos máximos que establece NTE.070 según el tipo de ladrillo

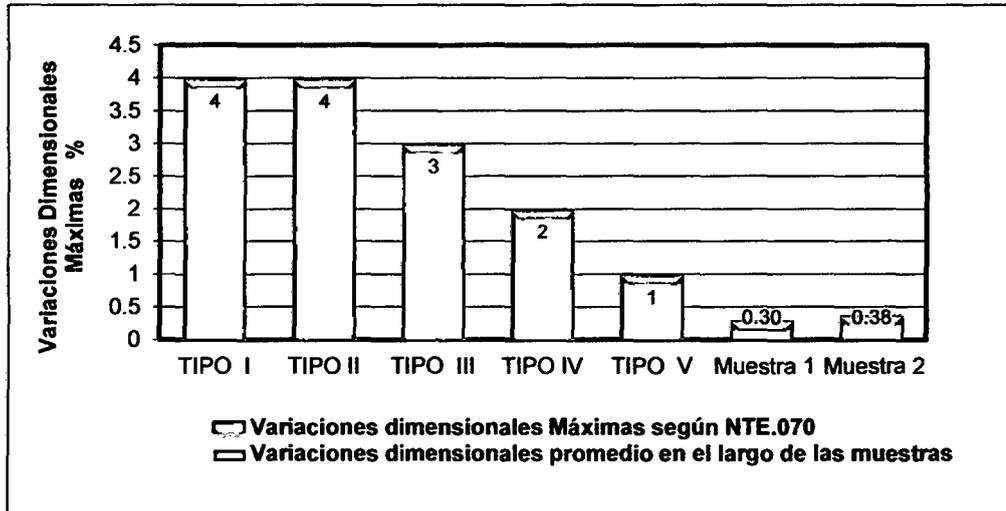


Figura 25. Variación dimensional en el largo de las muestras y de la NTE.070

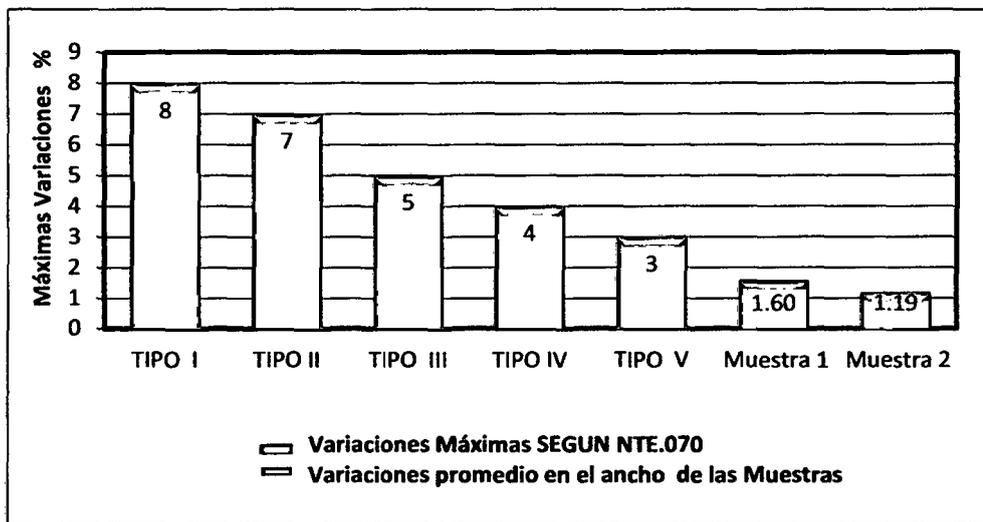


Figura 26. Variación dimensional en el ancho de las muestras y de la NTE.070

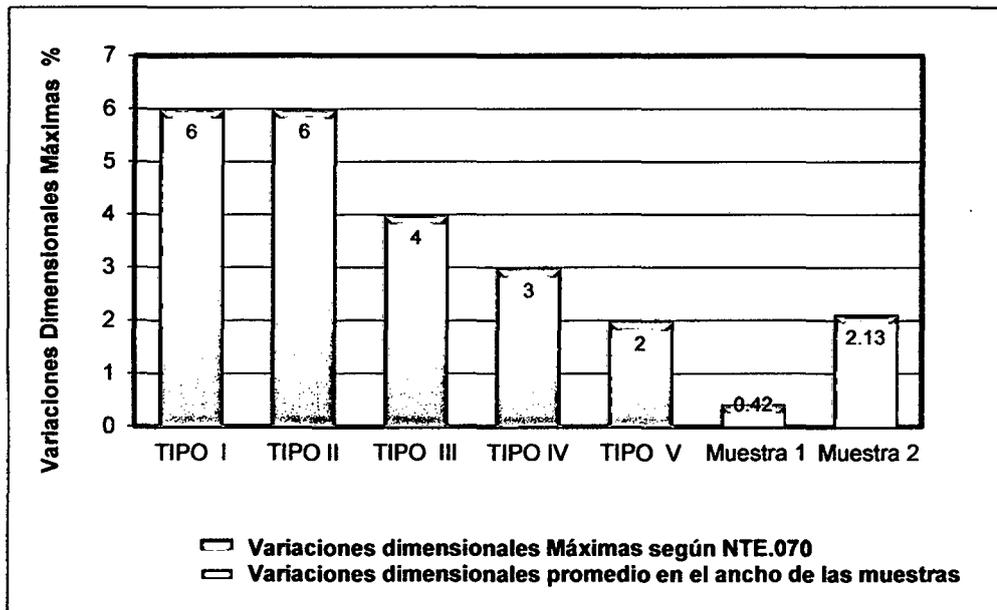


Figura 27. Variación dimensional en el ancho de las muestras y de la NTE.070

Como se puede observar en las Figuras 25, 26 y 27 el porcentaje promedio de variación dimensional de la muestra 1 en todas sus dimensiones están por debajo del porcentaje máximo permisible para el ladrillo tipo V y el de la 2 en su dimensión de dispersión máxima (ancho de las unidades) está por debajo del porcentaje máximo de variación permisible del ladrillo tipo IV por lo tanto con esta propiedad los ladrillos de la muestra 1 y 2 clasificarían como tipo V y IV, respectivamente.

#### 4.2.2. Alabeo

En las tablas 23 y 24 se presentan los resultados obtenidos en las medidas del alabeo de las muestras 1 y 2. El alabeo por concavidad promedio para la muestra 1 fue de 1,36 mm mientras que por convexidad se obtuvo 0,30 mm, y para la 2 por concavidad fue de 1,71 mm y el de convexidad 0,28 mm siendo para ambas muestras el alabeo por concavidad el más desfavorable.

Tabla 23. Alabeo de la muestra 1

UNIDAD	CONCAVIDAD ( mm)	CONVEXIDAD (mm)
M1-L1	1,50	1,00
M1-L2	2,50	0,50
M1-L3	1,38	-
M1-L4	2,25	0,50
M1-L5	1,13	-
M1-L6	1,13	-
M1-L7	1,00	-
M1-L8	0,88	1,00
M1-L9	0,88	-
M1-L10	1,00	-
PROMEDIO (mm)	1,36	0,30

Tabla 24. Alabeo de la muestra 2

UNIDAD	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)
M2-L1	2,75	1,00
M2-L2	2,25	-
M2-L3	1,25	-
M2-L4	2,50	0,50
M2-L5	1,00	-
M2-L6	2,00	1,25
M2-L7	1,00	-
M2-L8	1,00	-
M2-L9	0,88	-
M2-L10	2,50	-
PROMEDIO (mm)	1,71	0,28

En la figura 28 se comparan los resultados promedio más desfavorables obtenidos en el alabeo de cada muestra con los valores máximos que establece la NTE.070 del RNE Según la clasificación de ladrillo.

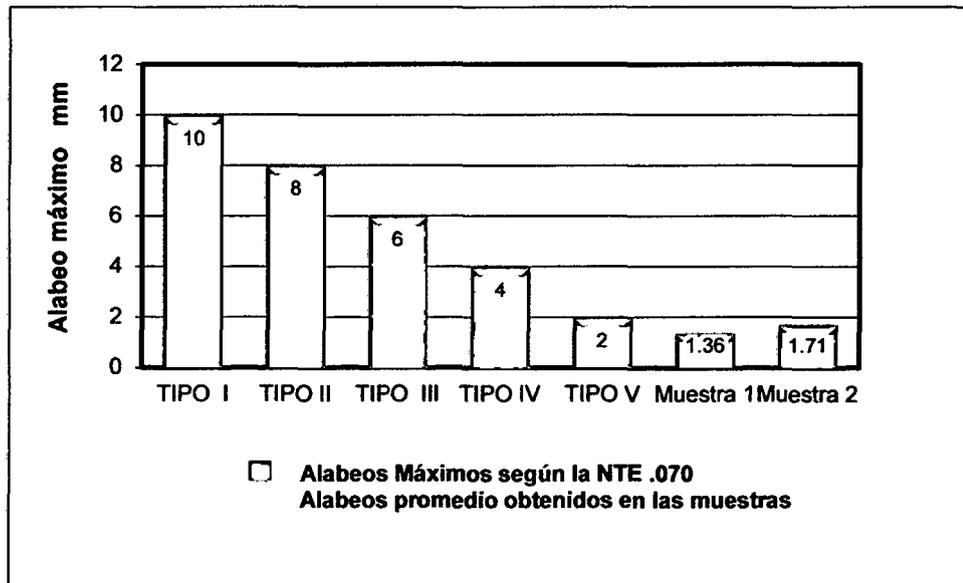


Figura 28. Alabeos de las muestras 1 y 2 y de la NTE.070

Como se puede observar en la Figura 28 el porcentaje promedio de alabeo de las muestra 1 y 2 son 1.36 y 1.71 mm respectivamente, ambas muestras clasificarían como ladrillos tipo V. debido que su dispersión máxima está por debajo del porcentaje máximo de variación, el cual es 2mm para un ladrillo tipo V según la Norma RNE E-070.

Debido que el alabeo de los ladrillos no pasan los límites máximos, no se tendrá problemas como: disminución de la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas, posibles fallas de tracción por flexión en la unidad.

#### 4.2.3. Succión

En las tablas 25 y 26 se presentan los resultados obtenidos en la succión de las muestras 1 y 2. La succión promedio para la muestra 1 fue de 13,4 gr / (200 cm<sup>2</sup> x min) y de la 2 16,7 gr / (200 cm<sup>2</sup> x min).

Tabla 25. Succión de la muestra 1

UNIDAD	AREA DEL LADRILLO (cm <sup>2</sup> )	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	SUCCIÓN (g)
M1-SUC.1	310,8	3277,0	3293,6	10,7
M1-SUC.2	312,7	3277,6	3295,4	11,4
M1-SUC.3	313,1	3285,0	3303,6	11,9
M1-SUC.4	310,8	3263,7	3294,6	19,9
M1-SUC.5	314,6	3334,1	3354,3	12,9
PROMEDIO (g)				13,4

Tabla 26. Succión de la muestra 2

UNIDAD	AREA DEL LADRILLO (cm <sup>2</sup> )	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	SUCCIÓN (g)
M2-SUC.1	283,5	2682,7	2700,9	12,8
M2-SUC.2	284,1	2690,1	2716,1	18,3
M2-SUC.3	285,8	2659,6	2687,0	19,2
M2-SUC.4	283,5	2662,0	2687,0	17,7
M2-SUC.5	285,8	2693,0	2715,0	15,4
PROMEDIO (g)				16,7

En la figura 29 se comparan los resultados obtenidos de la succión de las muestras 1 y 2 con los valores máximos y mínimos que exige la NTE.070.

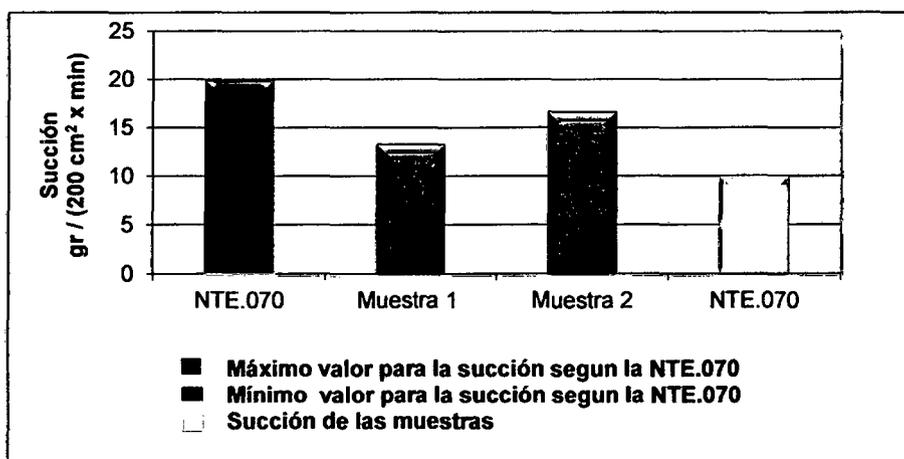


Figura 29. Succión de las muestras 1, 2 y de la NTE.070

Como se puede observar en la figura 29 la succión promedio obtenidas en las muestras 1 y 2 se encuentran dentro del rango permisible por la norma NTE.070. Lo que indicaría que en estos tipos de ladrillos no es obligatorio mojar las unidades antes de asentar

#### 4.2.4. Porcentaje de área de vacíos

En las tablas 27 y 28 se presentan los resultados del porcentaje de área de vacíos de las muestras 1 y 2 siendo 34 % y 42 % respectivamente.

Tabla 27. Porcentaje del área de vacíos de la muestra 1

UNIDAD	VOLUMEN BRUTO DEL LADRILLO (cm <sup>3</sup> )	VOLUMEN ARENA (ml)	PORCENTAJE DE ÁREA DE VACÍOS
M1-L1	2768,5	953,2	34
M1-L2	2869,9	949,5	33
M1-L3	2841,1	973,2	34
M1-L4	2786,6	974,1	35
M1-L5	2772,3	951,5	34
M1-L6	2858,0	954,1	33
M1-L7	2952,6	974,5	33
M1-L8	2884,3	948,3	33
M1-L9	2880,4	969,0	34
M1-L10	2768,5	946,6	34
PROMEDIO (%)			34

Tabla 28. Porcentaje del área de vacíos de la muestra 2

UNIDAD	VOLUMEN BRUTO DEL LADRILLO (cm <sup>3</sup> )	VOLUMEN ARENA (ml)	PORCENTAJE DE ÁREA DE VACÍOS
M2-L1	2540,0	1072,7	42
M2-L2	2508,7	1078,0	43
M2-L3	2502,3	1068,4	43
M2-L4	2453,9	1059,5	43
M2-L5	2492,3	1054,1	42
M2-L6	2627,5	1089,6	41
M2-L7	2530,4	1069,4	42
M2-L8	2572,9	1072,8	42
M2-L9	2605,5	1091,9	42
M2-L10	2583,5	1067,9	41
PROMEDIO (%)			42

En la figura 30 se comparan los resultados obtenidos de los porcentajes del área de vacíos de las muestras 1 y 2 con los valores máximos de porcentaje en el área de vacíos que exige la NTP 331.017 y la NTE.070.

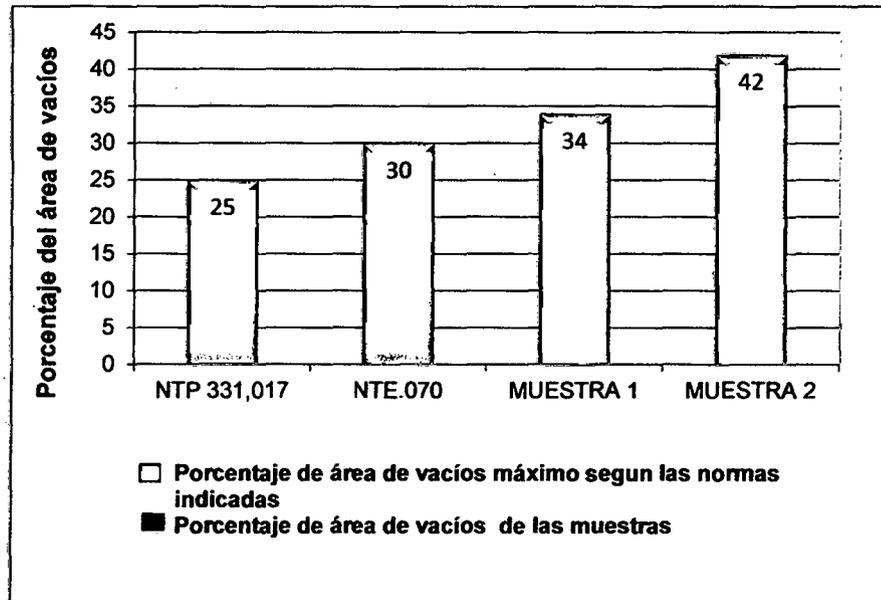


Figura 30. Porcentaje del área de vacíos de las muestras 1 y 2

Como se puede observar en la figura 30 los valores de porcentajes de vacíos de las muestras se encuentran por encima de los valores máximos que exigen las normas, por lo que no clasificarían como un ladrillo macizo.

#### 4.2.5. Resistencia a la compresión

En las tablas 29 y 30 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión de las muestras 1 y 2, y el cálculo de la resistencia característica a la compresión de las muestras; siendo 132,58 kg /cm<sup>2</sup> (13 MPa) la resistencia característica de la muestra 1 y 95,34 kg /cm<sup>2</sup> (9,35 MPa) para la 2.

Tabla 29. Resistencia característica a la compresión de la muestra 1

UNIDAD	AREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)
M1-COMP.1	309,76	41957,72	135,45	13,28
M1-COMP.2	313,65	41730,93	133,05	13,04
M1-COMP.3	311,35	41277,33	132,58	13,00
M1-COMP.4	308,76	42864,92	138,83	13,61
M1-COMP.5	313,25	42411,32	135,39	13,27
	RESISTENCIA PROMEDIO		135,06	13,24
	DESVIACION ESTANDAR ( $\sigma$ )		2,48	0,24
	RESISTENCIA CARACTERISTICA A COMPRESIÓN ( $f_b$ )		132,58	13,00

Tabla 30. Resistencia característica a la compresión de la muestra 2

UNIDAD	AREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)
M2-COMP. 1	282,22	28349,81	100,45	9,85
M2-COMP. 2	284,27	27669,42	97,33	9,54
M2-COMP. 3	278,81	27442,62	98,43	9,65
M2-COMP. 4	279,65	26762,22	95,70	9,38
M2-COMP. 5	278,47	26535,43	95,29	9,34
	RESISTENCIA PROMEDIO		97,44	9,55
	DESVIACION ESTANDAR ( $\sigma$ )		2,10	0,21
	RESISTENCIA CARACTERISTICA A COMPRESIÓN ( $f_b$ )		95,34	9,35

En las figuras 31 y 32 se muestran las comparaciones de los resultados obtenidos de las resistencias características a la compresión de cada muestra con los valores mínimos que establece la NTP 331.017 y la NTE.070, según cada tipo de ladrillo.

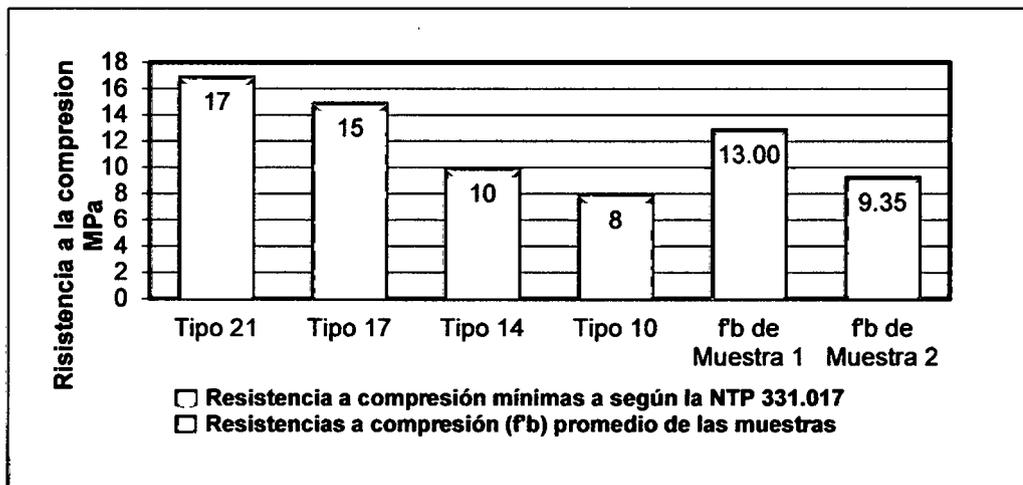


Figura 31. Resistencia característica a la compresión (fb) de las muestras y de la NTP 331.017

Como se puede observar en la Figura 31 la resistencia a la compresión (fb) de la muestra 1 se encuentra dentro de la clasificación tipo 14 y la de muestra 2 dentro de la clasificación tipo 10.

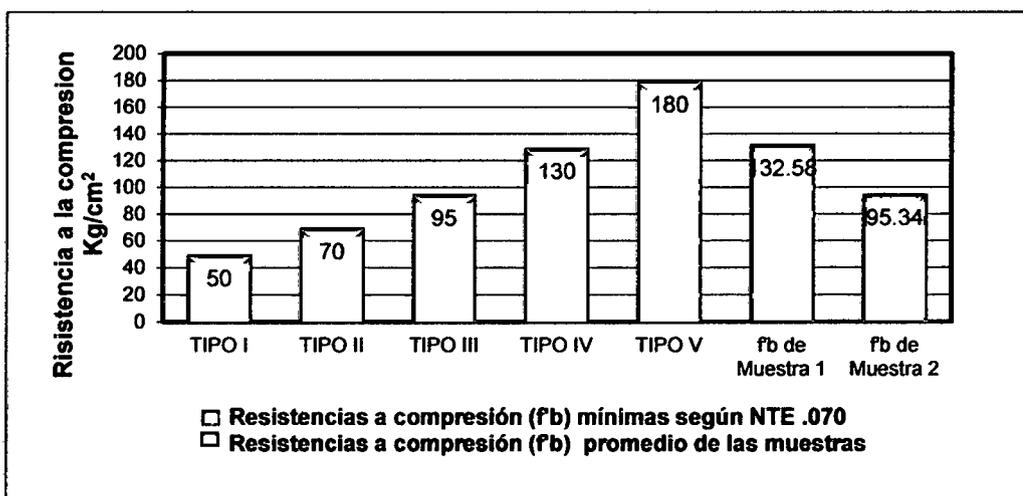


Figura 32. Resistencia Característica a la compresión (fb) de las muestra y de la NTE.070.

Como se puede observar en la Figura 32 la resistencia característica a la compresión ( $f_b$ ) de las muestras 1 y 2 se encuentran dentro de la clasificación tipo IV y III, respectivamente.

#### 4.2.6. Módulo de rotura (ensayo de flexión)

En las tablas 31 y 32 se presentan los resultados obtenidos para el módulo de rotura de las muestras 1 y 2; siendo 21,73 daN/cm<sup>2</sup> y 20,21 daN/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Tabla 31. Módulo de rotura de la muestra 1

UNIDAD	ANCHO PROMEDIO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	MÁXIMA CARGA APLICADA daN	MÓDULO DE ROTURA (daN/cm <sup>2</sup> )
M1-MR 1	13,03	9,10	19,50	810,00	21,97
M1-MR 2	13,06	9,35	19,50	780,00	19,98
M1-MR 3	13,03	9,21	19,50	840,00	22,23
M1-MR 4	13,03	9,20	19,50	820,00	21,76
M1-MR 5	12,90	8,94	19,50	800,00	22,71
promedio (daN/cm <sup>2</sup> )					21,73

Tabla 32. Módulo de rotura de la muestra 2

UNIDAD	ANCHO PROMEDIO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	MÁXIMA CARGA APLICADA daN	MÓDULO DE ROTURA (daN/cm <sup>2</sup> )
M2-MR 1	12,35	9,25	19,50	740,00	20,48
M2-MR 2	12,19	9,01	19,50	690,00	20,39
M2-MR 3	12,25	9,09	19,50	700,00	20,24
M2-MR 4	12,30	9,18	19,50	680,00	19,21
M2-MR 5	12,34	9,08	19,50	720,00	20,73
promedio (daN/cm <sup>2</sup> )					20,21

En la figura 33 se comparan los resultados promedio obtenidos de cada muestra con los valores mínimos que establece la norma ITINTEC 331.017.

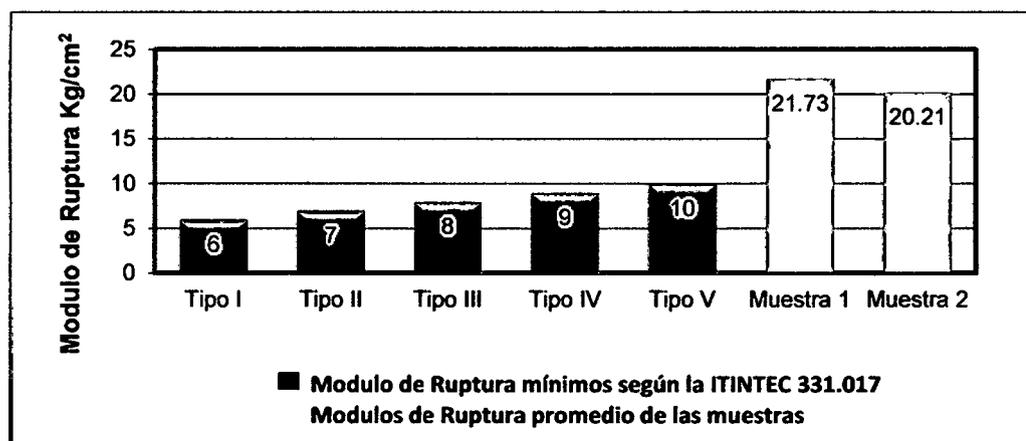


Figura 33. Módulo de rotura promedio de las muestras 1 y 2 y de la norma ITINTEC 331.017.

Como se puede observar en la Figura 33 los valores promedios de módulo de rotura de las muestra 1 y 2, están por encima del valor mínimo para un ladrillo tipo V que establece la norma ITINTEC 331.017.

#### 4.2.7. Densidad

En las tablas 33 y 34 se presentan los resultados de densidad de las muestras 1 y 2; siendo 1,93 g/cm<sup>2</sup> para la 1 y 1,94 g/cm<sup>2</sup> para la 2.

Tabla 33. Densidad de la muestra 1

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SUMERGIDO (g)	PESO SATURADO (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
M1-DENS.1	3375,20	2035,20	3815,00	1779,80	1,90
M1-DENS.2	3262,80	2000,20	3671,90	1671,70	1,95
M1-DENS.3	3235,80	1959,10	3633,20	1674,10	1,93
M1-DENS.4	3413,75	2107,50	3863,80	1756,30	1,94
M1-DENS.5	3273,50	1980,20	3664,30	1684,10	1,94
PROMEDIO (g/cm <sup>3</sup> )					1,93

Tabla 34. Densidad de la muestra 2

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SUMERGIDO (g)	PESO SATURADO (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
M2-DENS.1	2706,50	1683,10	3074,50	1391,40	1,95
M2-DENS.2	2715,15	1704,90	3095,60	1390,70	1,95
M2-DENS.3	2706,05	1698,60	3089,20	1390,60	1,95
M2-DENS.4	2707,40	1648,70	3062,70	1414,00	1,91
M2-DENS.5	2696,00	1659,00	3043,00	1384,00	1,95
PROMEDIO (g/cm <sup>3</sup> )					1,94

En la figura 34 se comparan los resultados promedio obtenidos de cada muestra con los valores mínimos que establece la norma ITINTEC 331.017.

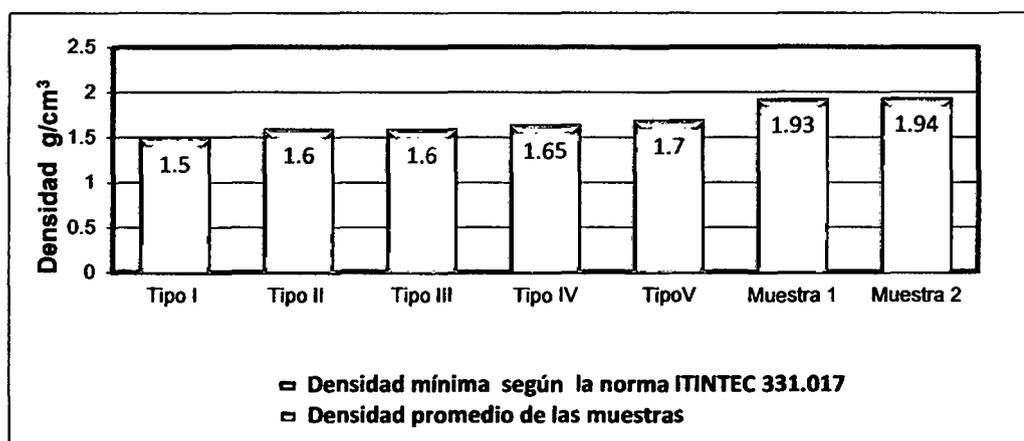


Figura 34. Densidad de las muestras y de la norma ITINTEC 331.017.

Como se puede observar en la Figura 34 la Densidad de las muestras 1 y 2 están por encima del valor mínimo para un ladrillo tipo V que establece la norma ITINTEC 331.017.

#### 4.2.8. Eflorescencia

Los ensayos de eflorescencia de las muestras 1 y 2 dieron como resultados que las unidades clasificaban como no eflorecidas ya que no se encontró las manchas que indican la eflorescencia esto quiere decir que las unidades no tendrán problemas al estar expuestas a la interperie.

#### 4.2.9. Absorción

En las tablas 35 y 36 se presentan los resultados de absorción de las muestras 1 y 2; siendo 11,8 % y 12,6 %, respectivamente.

Tabla 35. Absorción de la muestra 1

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN (%)
M1-ABS.1	3223,4	3597,8	11,6
M1-ABS.2	3318,9	3700,9	11,5
M1-ABS.3	3286,7	3672,4	11,7
M1-ABS.4	3337,5	3742,6	12,1
M1-ABS.5	3268,1	3661,1	12,0
PROMEDIO (%)			11,8

Tabla 36. Absorción de la muestra 2

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN (%)
M2-ABS.1	2697,6	3037,2	12,6
M2-ABS.2	2731,4	3075,9	12,6
M2-ABS.3	2694,8	3027,3	12,3
M2-ABS.4	2645,9	2976,8	12,5
M2-ABS.5	2743,9	3093,5	12,7
PROMEDIO (%)			12,6

Los valores de la Absorción obtenida en los ensayos para las muestras 1 y 2 no exceden el 22 %, limite que exige la NTE.070.

#### 4.2.10. Absorción Máxima

En las tablas 37 y 38 se presentan los resultados de absorción máxima de las muestras; siendo 13,4 % para la 1 y 14,2 % para la 2.

Tabla 37. Absorción máxima de la muestra 1

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN MÁXIMA (%)
M1-ABS.1	3223,4	3705,5	15,0
M1-ABS.2	3318,9	3718,4	12,0
M1-ABS.3	3286,7	3786,5	15,2
M1-ABS.4	3337,5	3758,6	12,6
M1-ABS.5	3268,1	3663,4	12,1
PROMEDIO (%)			13,4

Tabla 38. Absorción máxima de la muestra 2

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN MÁXIMA (%)
M2-ABS.1	2697,6	3085,2	14,4
M2-ABS.2	2731,4	3117,5	14,1
M2-ABS.3	2694,8	3074,6	14,1
M2-ABS.4	2645,9	3019,5	14,1
M2-ABS.5	2743,9	3133,7	14,2
PROMEDIO (%)			14,2

En las figura 35 y 36 se comparan los resultados de Absorción Máxima promedio obtenidos de cada muestra con los valores máximos que establece la norma NTP 331.017 e ITINTEC 331.017.

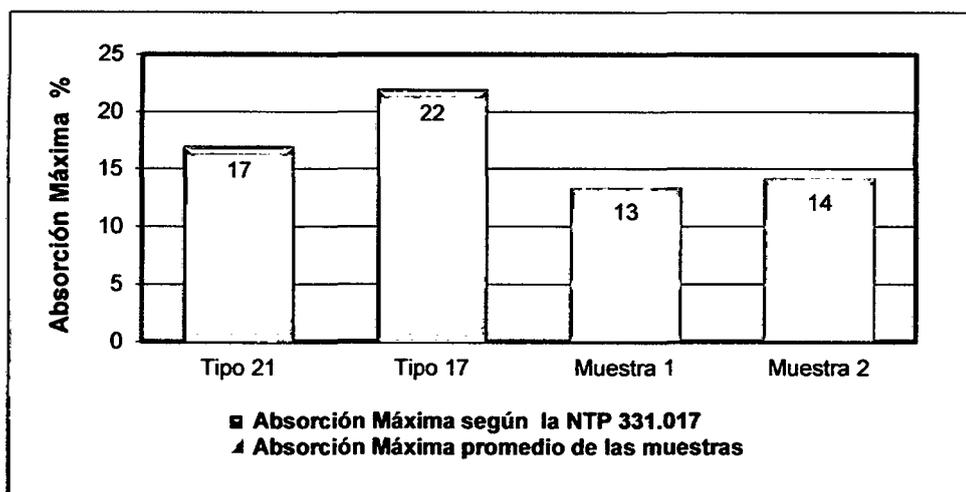


Figura 35. Absorción Máxima de las muestras y de la NTP 331.017.

Como se puede observar en la Figura 35 el promedio de Absorción máxima de la muestra 1 y 2 está por debajo del máximo valor permisible del ladrillo tipo 21.

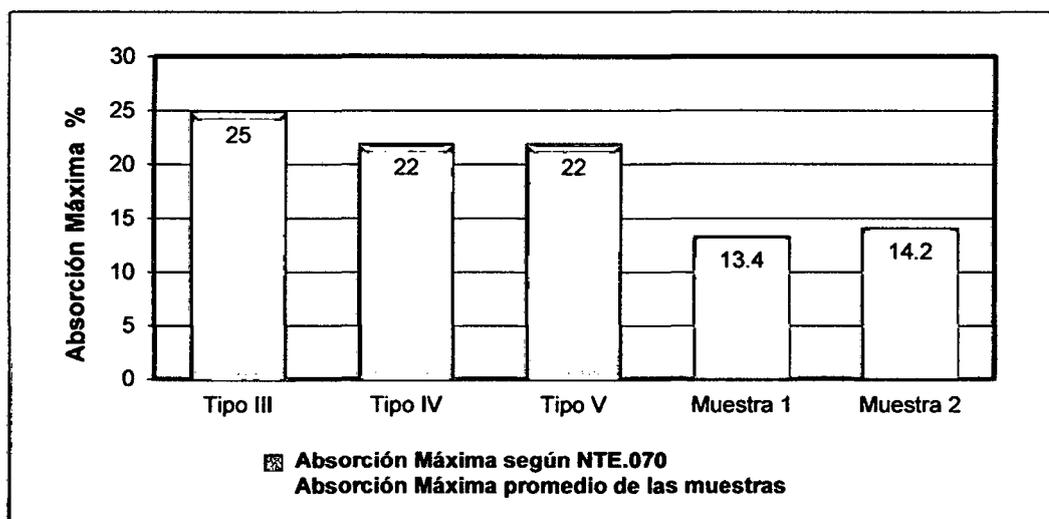


Figura 36. Absorción Máxima de las muestras y de la norma ITINTEC 331.017.

Como se puede observar en la Figura 36 el promedio de Absorción máxima de la muestra 1 y 2 está por debajo del máximo valor permisible del ladrillo tipo V.

#### 4.2.11. Coeficiente de saturación

En las tablas 39 y 40 se presentan los resultados de absorción máxima de las muestras 1 y 2, siendo 0.88 % para ambas muestras.

Tabla 39. Coeficiente de saturación de la muestra 1

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g) DESPUES DE 24 h	PESO SATURADO (g) DESPUES DE 5 h	COEFICIENTE DE SATURACIÓN
M1-ABS.1	3223,4	3597,8	3705,5	0,78
M1-ABS.2	3318,9	3700,9	3718,4	0,96
M1-ABS.3	3286,7	3672,4	3786,5	0,77
M1-ABS.4	3337,5	3742,6	3758,6	0,96
M1-ABS.5	3268,1	3661,1	3663,4	0,95
PROMEDIO (%)				0,88

Tabla 40. Coeficiente de saturación de la muestra2

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g) DESPUES DE 24 h	PESO SATURADO (g) DESPUES DE 5 h	COEFICIENTE DE SATURACIÓN
M2-ABS.1	2697,6	3037,2	3085,2	0,88
M2-ABS.2	2731,4	3075,9	3117,5	0,89
M2-ABS.3	2694,8	3027,3	3074,6	0,88
M2-ABS.4	2645,9	2976,8	3019,5	0,89
M2-ABS.5	2743,9	3093,5	3133,7	0,89
PROMEDIO (%)				0,88

En la figura 37 y 38 se comparan los resultados promedio del coeficiente de saturación obtenidos de cada muestra con los valores máximos que establece la NTP 331.017 y la norma ITINTEC 331.017.

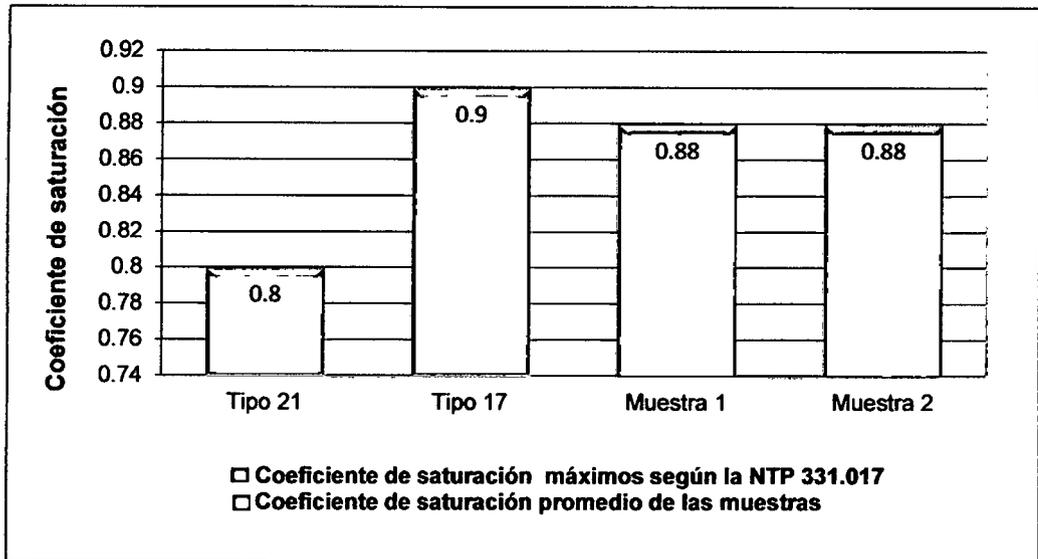


Figura 37. Coeficiente de saturación de las muestra y de la NTP 331.017.

Como se puede observar en la Figura 37 el promedio de Coeficiente de saturación de la muestra 1 y 2 está por debajo del máximo valor permisible del ladrillo tipo 17.

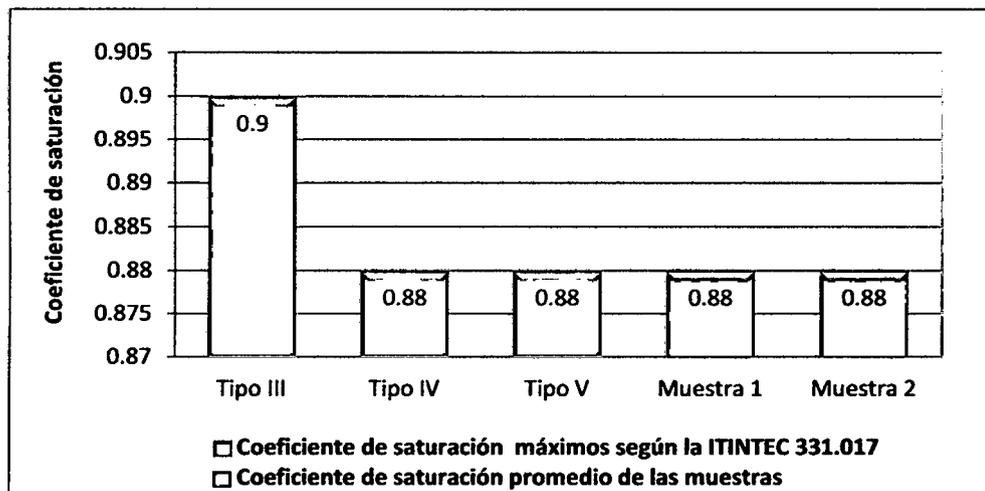


Figura 38. Coeficiente de Saturación de las muestras y de la norma ITINTEC 331.017.

Como se puede observar en la Figura 38 el promedio de Coeficiente de saturación de la muestra 1 y 2 se encuentran en el límite de tipo IV y tipo V.

En la tabla 41 se muestra un resumen de la clasificación del tipo de ladrillo según las normas.

Tabla 41. Clasificación del tipo de ladrillos según las normas indicadas.

PROPIEDADES	SEGÚN NTE.070 DEL RNE		SEGÚN NTP		SEGÚN ITINTEC	
	TIPOS DE LADRILLOS					
	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Variación dimensional	TIPO V	TIPO IV	Aceptables	Aceptables	TIPO V	TIPO IV
Alabeo	TIPO V	TIPO V	-	-	TIPO V	TIPO V
Succión	VARIA 10 - 20 GR / (200 CM2 X MIN)		-	-	MAX. 20 gr / (200 cm2 x min)	
	13,4	16,70			13,4	16,70
Porcentaje de área de vacíos	MÁXIMO 30%		Máximo 25%		Máximo 25%	
	34%	42%	34%	42%	34%	42%
Resistencia a la compresión	TIPO IV	TIPO III	TIPO 14	TIPO 10	TIPO IV	TIPO III
Módulo de rotura	-	-	-	-	TIPO V	TIPO V
Densidad	-	-	-	-	TIPO V	TIPO V
Eflorescencia	-	-	-	-	no eflorescido	no eflorescido
Absorción	-	-	-	-	Máximo 22%	
					11,80%	12,6
Absorción Máxima	-	-	TIPO 21	TIPO 21	TIPO IV, V	TIPO IV, V
Coefficiente de saturación	-	-	TIPO 17	TIPO 17	TIPO IV	TIPO V
<b>TIPO DE LADRILLO</b>	<b>TIPO IV</b>	<b>TIPO III</b>	<b>TIPO 14</b>	<b>TIPO 10</b>	<b>TIPO IV</b>	<b>TIPO III</b>

Para clasificar a la unidad con fines estructurales, se empleó los resultados más desfavorables de los ensayos realizados; cómo podemos observar en la tabla 41 según la NTE.070 del RNE y la INTINTEC 331.017 los ladrillos clasificarían para la muestra 1 como tipo IV y para la muestra 2 clasificarían como tipo III, según la NTP 331.017 los ladrillos de la muestra 1 clasificarían como tipo14 y los de la muestra 2 como tipo 10.

### 4.3. Comparación de las propiedades de los ladrillos industriales y artesanales.

Considerando los resultados de las propiedades obtenidos por Mego, 2013 para ladrillos artesanales y los obtenidos en la presente tesis se realizó la comparación para determinar cuáles son aceptables para ser utilizados con fines estructurales teniendo en cuenta las normas NTP 331.017 y NTE.070.

En las figuras 39 y 40 se muestra la comparación de las resistencias características de los ladrillos industriales con los artesanales y con las resistencias mínimas que exige la norma NTE.070 y NTP 331.017.

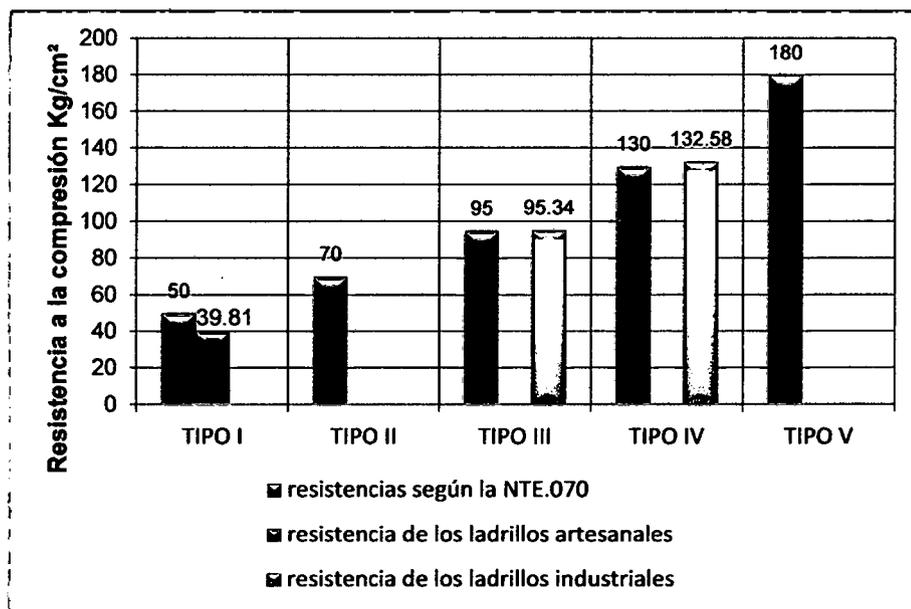


Figura 39. Resistencias Características a la compresión de la NTE.070, de los ladrillos industriales y artesanales producidos en Jaén.

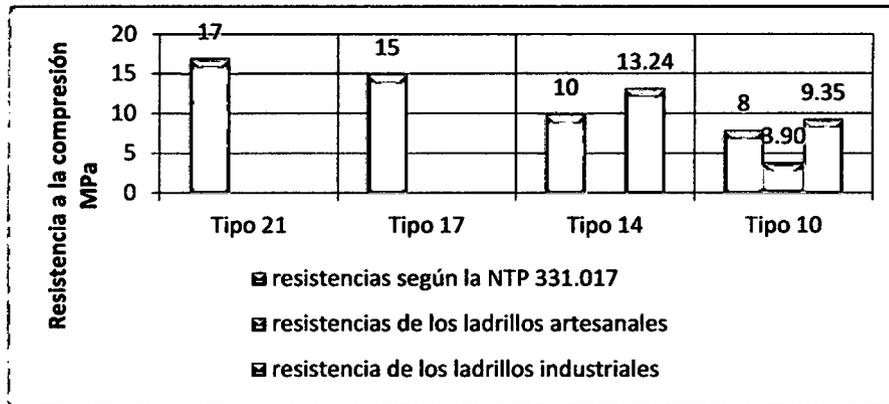


Figura 40. Resistencias Características a la compresión de la NTP331.017 y de los ladrillos industriales y artesanales producidos en Jaén.

las figuras 39 y 40 muestran las resistencias a la compresión promedio de los ladrillos artesanales (Mego 2013) e industriales; siendo 39, 81 Kg/cm<sup>2</sup> (3,9 MPa) para los artesanales el cual es un valor que no clasifica para ningún tipo de ladrillo dentro de las normas ; mientras que los industriales de la muestra 1 y 2 clasifican como ladrillos tipo III y IV según la NTE.070 y tipo 10 y 14 según la NTP 331.017, respectivamente lo que indicaría que estos cumplen con las resistencias que exigen las normas mencionadas.

En la figura 41 se muestra la comparación de los módulos de rotura de los ladrillos industriales con la de los ladrillos artesanales y con los módulos de rotura mínimos que exige la norma ITINTEC 331.017.

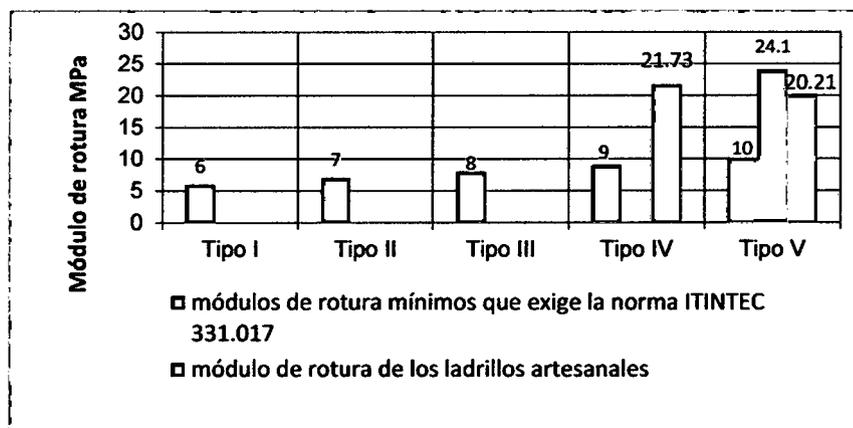


Figura 41. Módulo de Rotura de la ITINTEC 331.017 y de los ladrillos industriales y artesanales producidos en Jaén.

En la figura 41 podemos observar que el módulo de rotura para los ladrillos artesanales es de 24,1 MPa y de los ladrillos industriales para la muestra 1 es de 21,73 MPa y para la muestra 2 es 20,21 MPa; estos valores se encuentran por encima de los valores especificados por la norma ITINTEC 331.017 lo que indicaría que para esta propiedad ambos tipos de fabricación son aceptables, sin embargo Mego (2013) concluye que no hay una correlación entre la resistencia en compresión baja con una resistencia en tracción alta para los ladrillos artesanales por lo que según Bonett (2003), éstas unidades no clasifican .

En la figura 42 se muestra la comparación de la succión de los ladrillos industriales con la de los ladrillos artesanales y con valores mínima y máxima que exige la norma NTE.070.

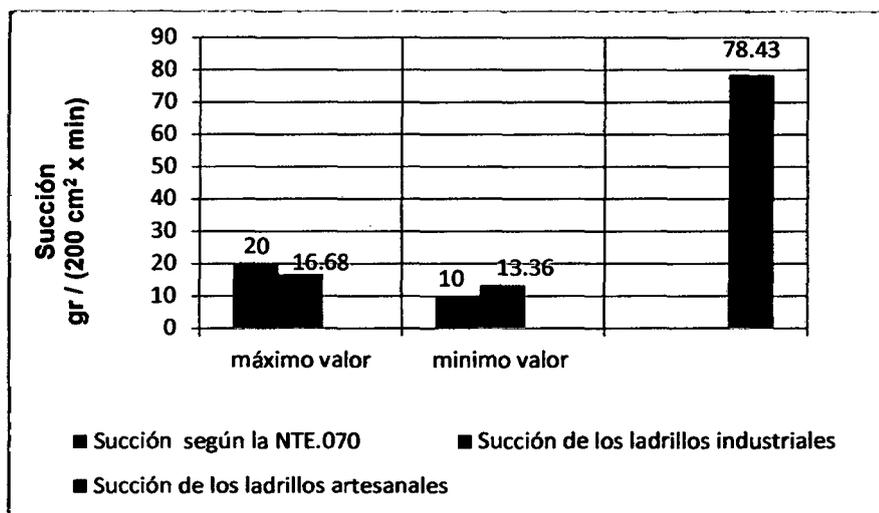


Figura 42. Succión de la NTE.070, de los ladrillos industriales y artesanales producidos en Jaén.

En la figura 42 podemos observar que los valores de la succión de los ladrillos industriales se encuentran dentro del rango de valores exigidos por la NTE.070 mientras que los artesanales tienen valores por sobre el máximo que permite la norma; lo que indicaría que los ladrillos artesanales deberían ser tratados primero antes de su uso mientras que los industriales no.

Teniendo en cuenta las propiedades de Alabeo y Variación dimensional de los ladrillos artesanales Mego (2013) concluyo que estos no clasifican para fines artesanales según la NTE.070 del RNE en cambio los ladrillos Industriales con estas propiedades clasifican como un tipo V.

#### **4.4. Contratación de la hipótesis**

Teniendo en cuenta que los resultados obtenidos de las propiedades de las muestras cumplen con los requisitos de calidad que establecen las normas NTE0.70 del RNE, NTP 331.017 e ITINTEC 331.017, quedo verificada el cumplimiento de la hipótesis planteada.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

En consideración de los resultados obtenidos los suelos usados en las ladrilleras corresponden a un CL (arcilla inorgánica de mediana plasticidad, arenosa y limosa) con una variación de arenas de 21,41 a 28,09% y de limos y arcillas de 71,91 a 78,59 %.

La variación dimensional de las muestras 1 y 2 es 1,44 mm o 2 % y 2,76 mm o 2,1%; el alabeo 1,36 mm y 1,71mm; la succión 13,4 g y 16,7 g ; el porcentaje de área de vacíos 34 % y 42 % .respectivamente.

La resistencias de compresión ( $f_b$ ) de las muestras 1 y 2 es 132,58 kg /  $\text{cm}^2$  o 13,00 MPa y 95,34 kg /  $\text{cm}^2$  o 9,35 MPa; el módulo de rotura es 21,73 daN/ $\text{cm}^2$  y 20,21 daN/ $\text{cm}^2$ ; la densidad 1,93 g/ $\text{cm}^3$  y 1,94 g/ $\text{cm}^3$ ; respectivamente.

La Absorción de las muestras 1 y 2 es 11,8 % y 12,6 %, la absorción máxima es 13,4 y 14,2, respectivamente; y el coeficiente de saturación es 0,88 para ambas.

Teniendo en cuenta los resultados de los ensayos de las muestras 1 y 2 se obtuvo que las unidades clasifican como tipo IV y III para fines estructurales, según la NTE.070 y según la NTP 331.017 como tipo 14 y 10, respectivamente.

Considerando los estudios realizados a los ladrillos artesanales por Mego (2013) y de los obtenidos en la presente tesis podemos concluir que las propiedades físicas–mecánicas de los ladrillos industriales cumplen con los requisitos de calidad mientras que las de los artesanales no.

## **5.2. Recomendaciones**

- Determinar el análisis químico de la materia prima para la elaboración de ladrillos en la ciudad de Jaén.
- Realizar la comparación de la variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de CERÁMICOS PAKAMUROS con los ladrillos Rex, Lark y Pirámide comercializados en la ciudad de Jaén.
- Determinar la influencia de las propiedades de los ladrillos industriales 18 huecos en los muros de albañilería.
- Realizar análisis de la influencia del porcentaje de vacíos en la resistencia a la unidad, en contraste con las Normas Peruanas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABANTO, F. 2003. Análisis y diseño de edificaciones de albañilería, 2 ed., Lima, editorial San Marcos.

Afanador, G.; Guerrero, G. y Monroy, R. 2012. Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. Ocaña, Colombia, Universidad Francisco de Paula Santander.

Aguirre, D. 2004. Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín. Tesis ingeniero Civil. Lima, Perú. Pontificia universidad católica del Perú.

Besoain, E. 1985. Mineralogía de arcillas de suelos. Costa Rica, IICA.

Córdova, E.; Malagón, P. y Santos, J. 2009. Caracterización de arcillas y preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas y ladrillos en la región de barichara, santander. Colombia, Universidad Francisco de Paula Santander.

Del Río, J. 1975. Materiales de construcción ,4 ed., Barcelona, Editorial Juan Bruger.

Gallegos H., y Casabonne C., 2005. Albañilería estructural, 3 ed., Lima, Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.

García, C. 2013. Evaluación de la calidad de ladrillos artesanales King Kong según prácticas de fabricación en el sector Fila Alta de la ciudad de Jaén. Tesis ingeniero civil. Jaén, Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.

GRIMM, CT.1996, Clay brick masonry weight variation, Journal of Architectural Engineering.

ITINTEC 1978. Norma Técnica Nacional 331.017: Elementos de arcilla cocida, Ladrillos de arcilla usados en albañilería, Requisitos. Lima.

ITINTEC 1978. Norma Técnica Nacional 331.018: Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo. Lima.

Jiménez, A., y Salazar, O. (2005). Transferencia de tecnología a ladrilleras en Cholula elaborando un manual de capacitación y diseñando un horno para pruebas de laboratorio con capacidad para cocer veinte ladrillos de arcilla, para analizar y mejorar el proceso de producción. Tesis ingeniero civil. Puebla, México .Universidad de Las Américas.

Mego, A. 2013. Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos King Kong producidos en el sector de Fila Alta-Jaén. Tesis ingeniero civil. Jaén, Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.

Moreno, F. 1981. El ladrillo en la construcción. España, Ediciones CEAC.  
NORMA TÉCNICA PERUANA 331.017. 2003. Ladrillos usados en albañilería.

NORMA TÉCNICA PERUANA 399.613. 2005. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

NORMA TÉCNICA DE ESTRUCTURAS.070 – ALBAÑILERÍA. 2006. Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima.

PAREDES, J. y CAYCHO, D. 2009. Control de la trituración de los ladrillos huecos en muros de albañilería confinada sujetos a carga lateral cíclica, Tesis Ingeniero Civil. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Rhodes, D. 1990. Arcilla y vidriado para el ceramista. España, Ediciones CEAC.

San Bartolomé, A. 1994. Construcciones de albañilería: Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. Lima, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

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

Somayaji, S. 2001. Civil engineering materials ,2 ed.. New Jersey, Prentice Hall.

Schneider, R., & Dickey, W. 1980. Reinforced masonry design. Englewood Cliffs, Prentice Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics Series.

# **ANEXO A:**

# **Figuras**

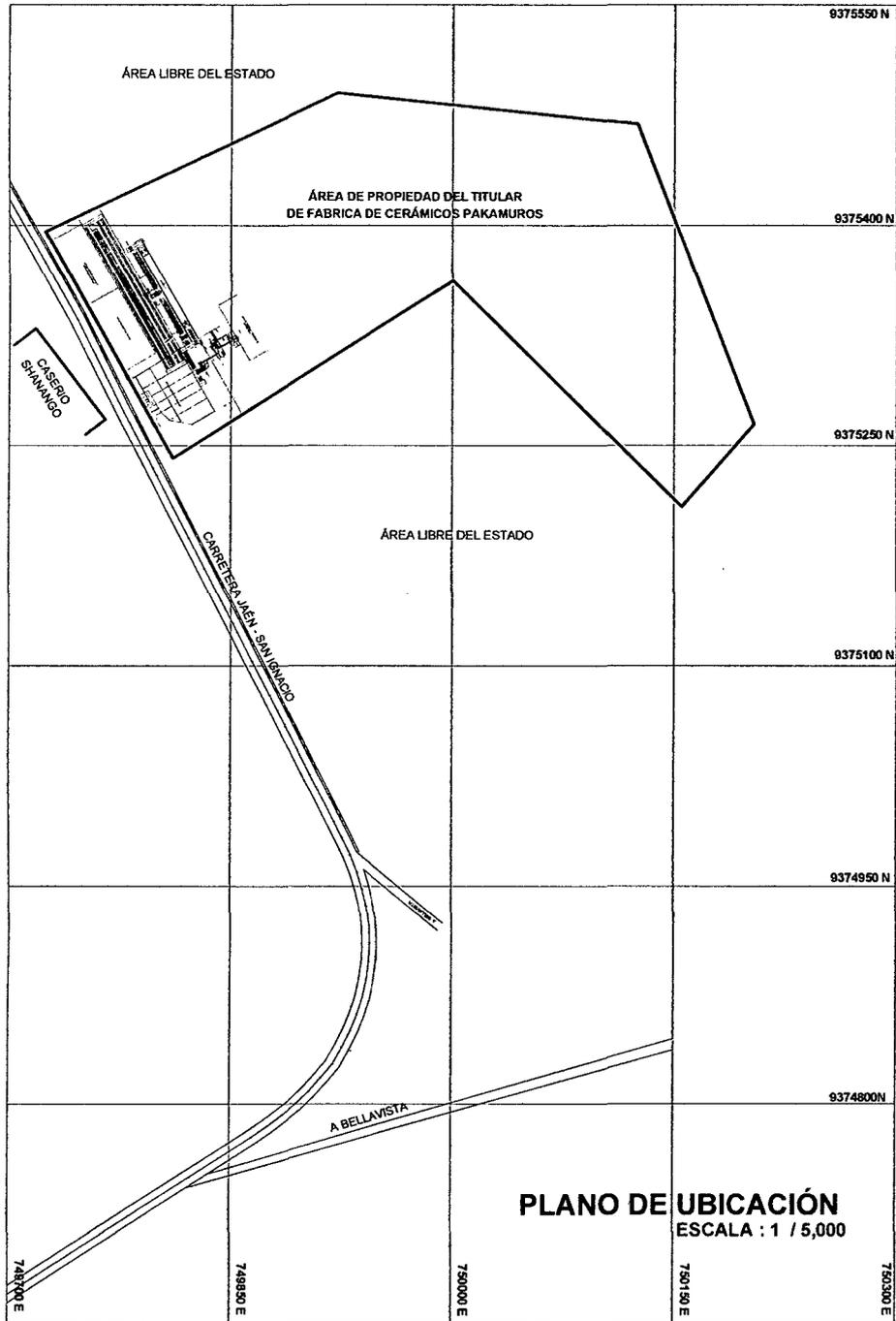


Figura 43. Ubicación de la ladrillera Cerámicos Pakamuros



Figura 44. Visita a la Ladrillera industrial "Cerámicos Pakamuros".



Figura 45. Toma de muestras



Figura 46. Extracción de materia prima del ladrillo industrial



Figura 47. Fabrica "Cerámicos Pakamuros".

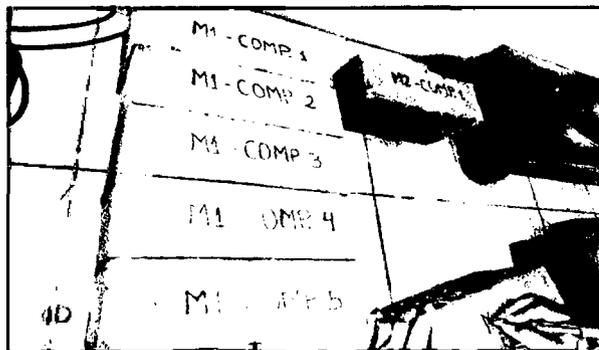


Figura 48. Identificación de la unidad de análisis



Figura 49. Registro de datos en las fichas técnicas



Figura 50. Llenado de orificios de la unidad



Figura 51. Refrentado del ladrillo

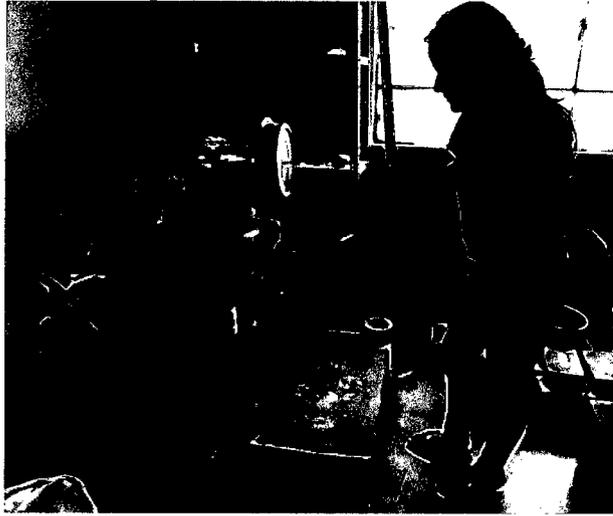


Figura 52. Ensayo de compresión

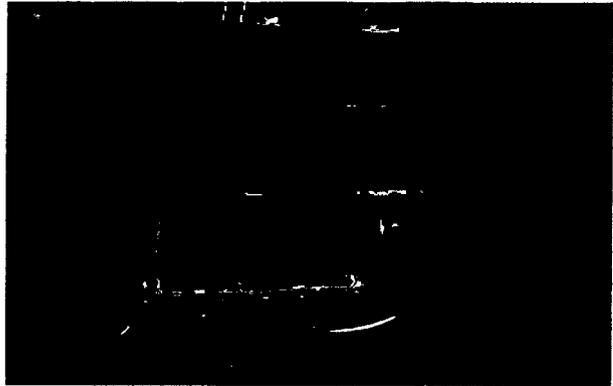


Figura 53. Ladrillo ensayado a la compresión



Figura 54. Ensayo del Módulo de Rotura (por flexión)

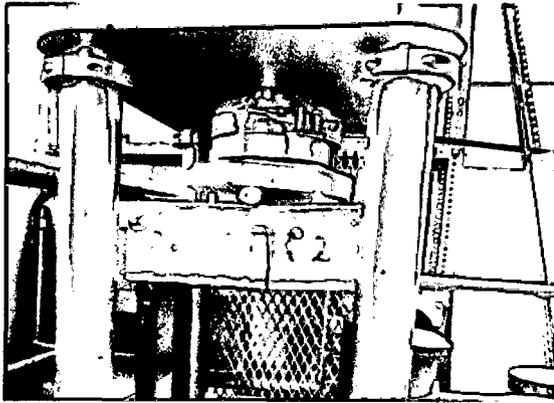


Figura 55. Ladrillo ensayado por flexión

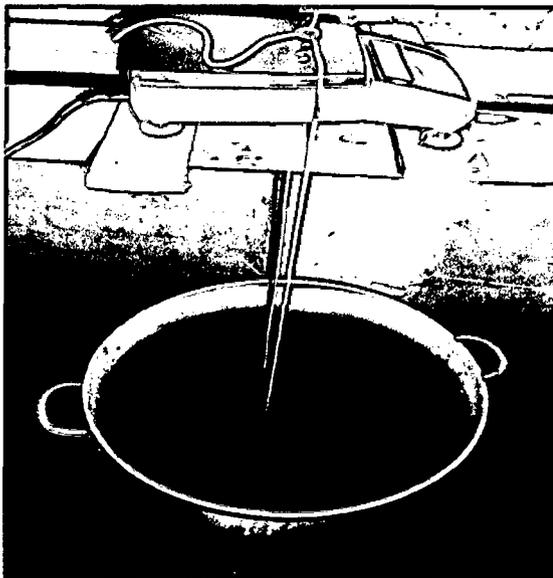


Figura 56. Peso sumergido para el ensayo de densidad

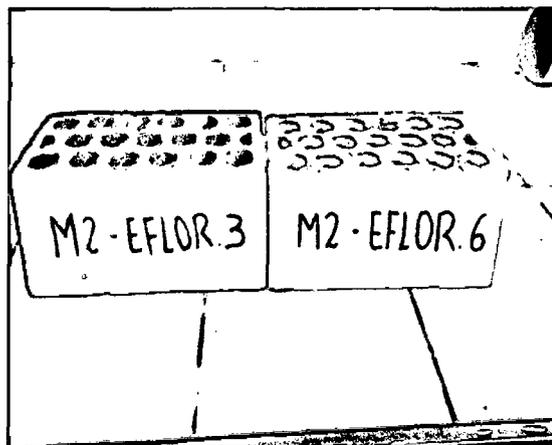


Figura 57. Análisis de los pares de ladrillos después de 7 días

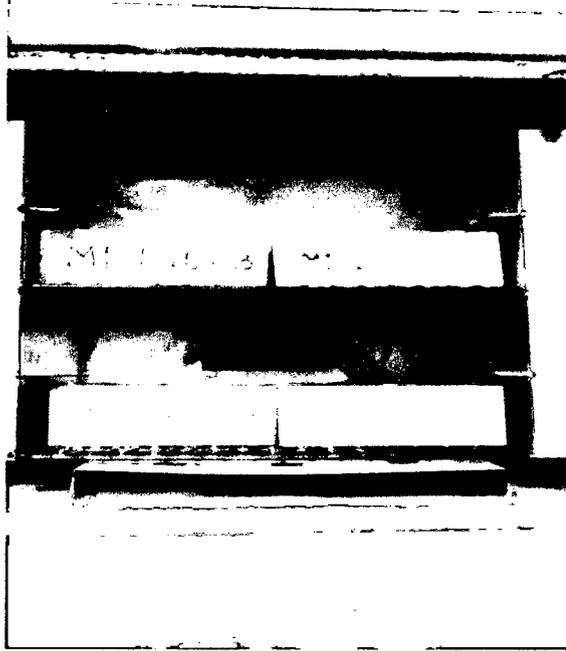


Figura 58. Secado de todos los conjuntos de especímenes por 24 h.



Figura 59. Peso después de 24 horas de saturación

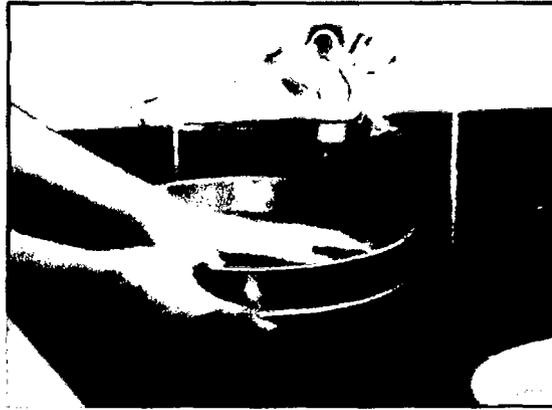


Figura 60. Lavado de la muestra para granulometría

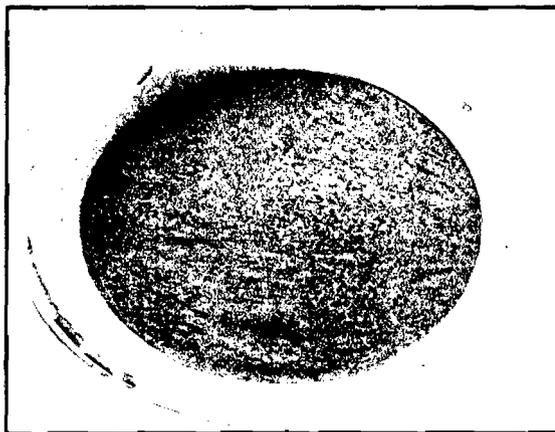


Figura 61. Muestra que pasa el tamiz n° 40



Figura 62. Pasta homogénea



Figura 63. Ensayo de límite líquido

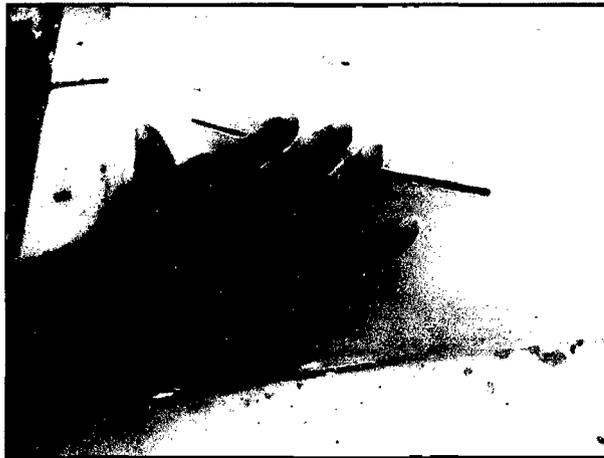


Figura 64. Ensayo de límite plástico

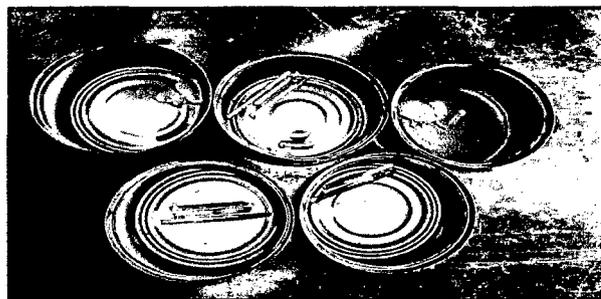


Figura 65. Muestras de límite líquido y plástico

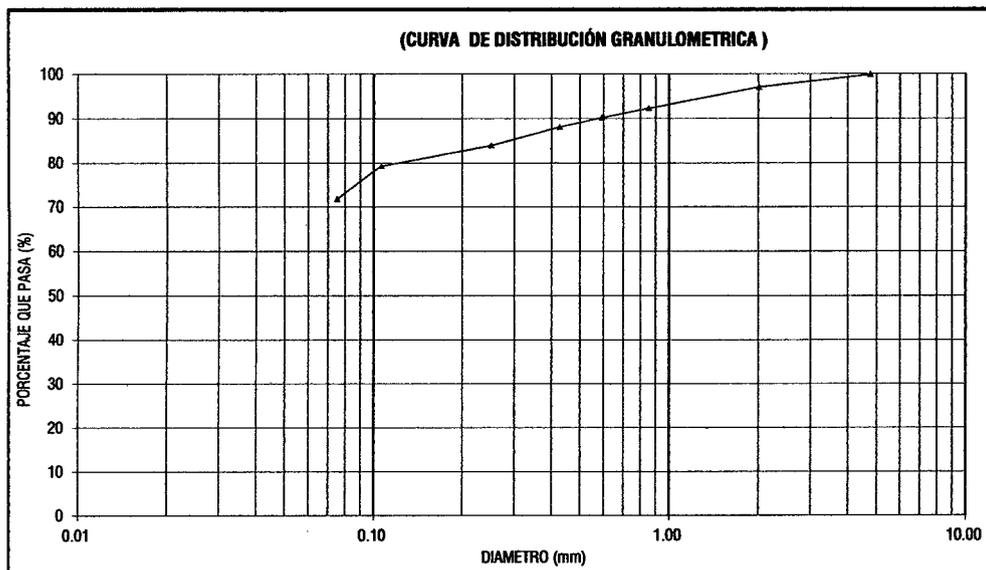
# **ANEXO B:**

## **Fichas técnicas**

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	<b>FICHA N° 1</b>	
		<b>LABORATORIO</b>	<b>UNC - SJ</b>
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>SEDE JAÉN</b>	<b>LADRILLERA</b>	<b>LADRILLERA INDUSTRIAL "CERAMICOS PAKAMUROS"</b>
		<b>MUESTRA</b>	<b>LI-1</b>

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR LAVADO**  
**NTP 339.128**

TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	MUESTRA TOTAL	
N°	ABERTURA (mm)					TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	178.70
N° 10	2.00	5.10	5.10	2.85	97.15		
N° 20	0.85	8.40	13.50	7.55	92.45		
N° 30	0.59	3.80	17.30	9.68	90.32		
N° 40	0.43	3.70	21.00	11.75	88.25		
N° 60	0.25	7.40	28.40	15.89	84.11		
N° 100	0.11	8.30	36.70	20.54	79.46		
N° 200	0.08	13.60	50.20	28.09	71.91		
CAZOLETA	--	128.60	178.70	100.00	0.00		
TOTAL		178.7					

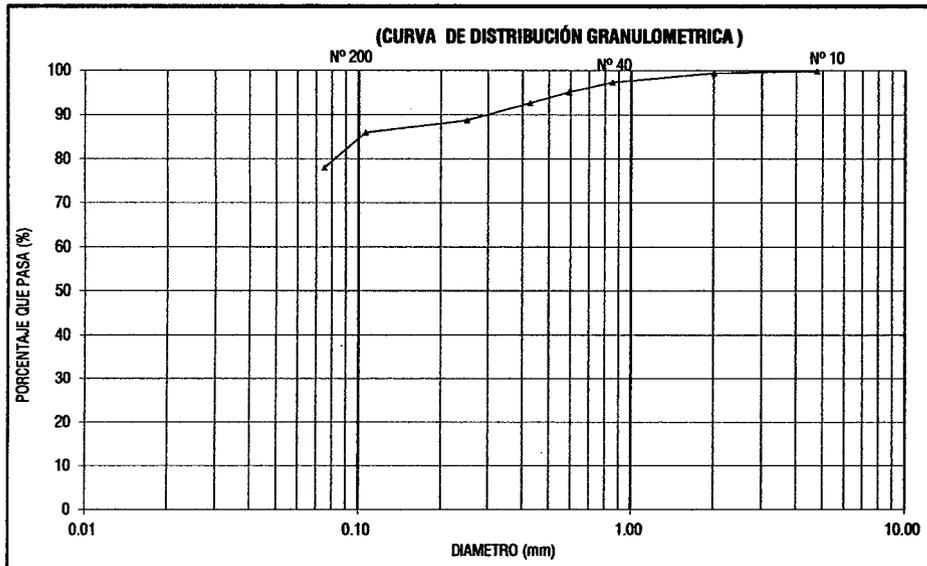


<b>OBSERVACIONES</b>	<b>El análisis granulométrico se hizo por lavado ya que la muestra era un suelo fino</b>
----------------------	--

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>		<b>FICHA N° 2</b>	
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN</b>		<b>LABORATORIO</b>	<b>UNC - SJ</b>
			<b>LADRILLERA</b>	<b>LADRILLERA AGUILAR</b>
			<b>MUESTRA</b>	<b>LA</b>

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR LAVADO  
NTP 339.128**

TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	MUESTRA TOTAL	
N°	ABERTURA(mm)					TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)                      365.10	
N° 10	2.00	1.50	1.50	0.41	99.59		
N° 20	0.85	7.90	9.40	2.57	97.43		
N° 30	0.59	7.80	17.20	4.71	95.29		
N° 40	0.43	9.20	26.40	7.23	92.77		
N° 60	0.25	14.20	40.60	11.12	88.88		
N° 100	0.11	10.10	50.70	13.89	86.11		
N° 200	0.08	28.30	80.00	21.91	78.09		
CAZOLETA	--	285.10	365.10	100.00	0.00		
TOTAL		365.10					

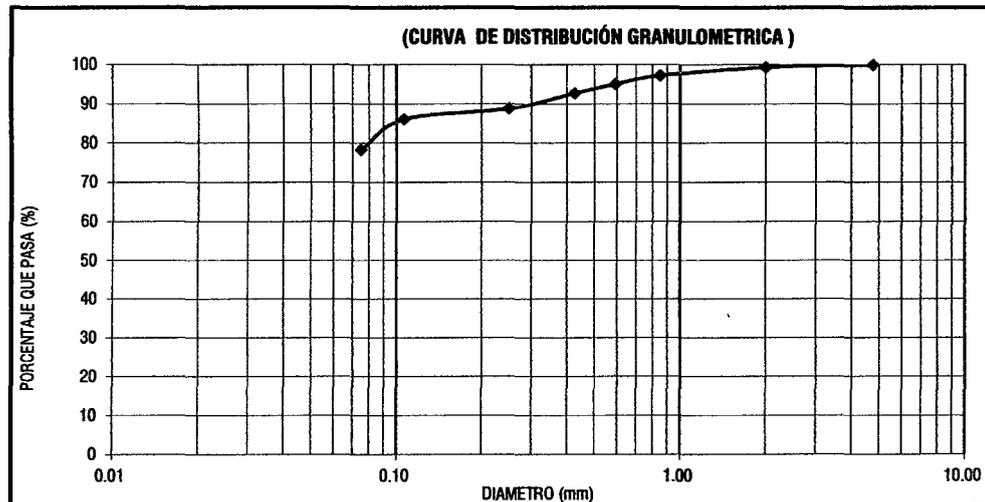


<b>OBSERVACIONES</b>	El análisis granulométrico se hizo por lavado ya que la muestra era un suelo fino
----------------------	---

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	<b>FICHA N° 3</b>	
		<b>LABORATORIO</b>	<b>UNC - SJ</b>
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN</b>	<b>LADRILLERA</b>	<b>LADRILLERA LLANOS</b>
		<b>MUESTRA</b>	<b>L-LL</b>

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR LAVADO**  
NTP 339.128

TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	MUESTRA TOTAL	
N°	ABERTURA (mm)					TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)                      364.30</b>	
N° 10	2.00	2.10	2.10	0.58	99.42		
N° 20	0.85	7.70	9.80	2.69	97.31		
N° 30	0.59	7.90	17.70	4.86	95.14		
N° 40	0.43	8.50	26.20	7.19	92.81		
N° 60	0.25	14.20	40.40	11.09	88.91		
N° 100	0.11	9.90	50.30	13.81	86.19		
N° 200	0.08	28.10	78.40	21.52	78.48		
CAZOLETA	--	285.90	364.30	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>364.30</b>					

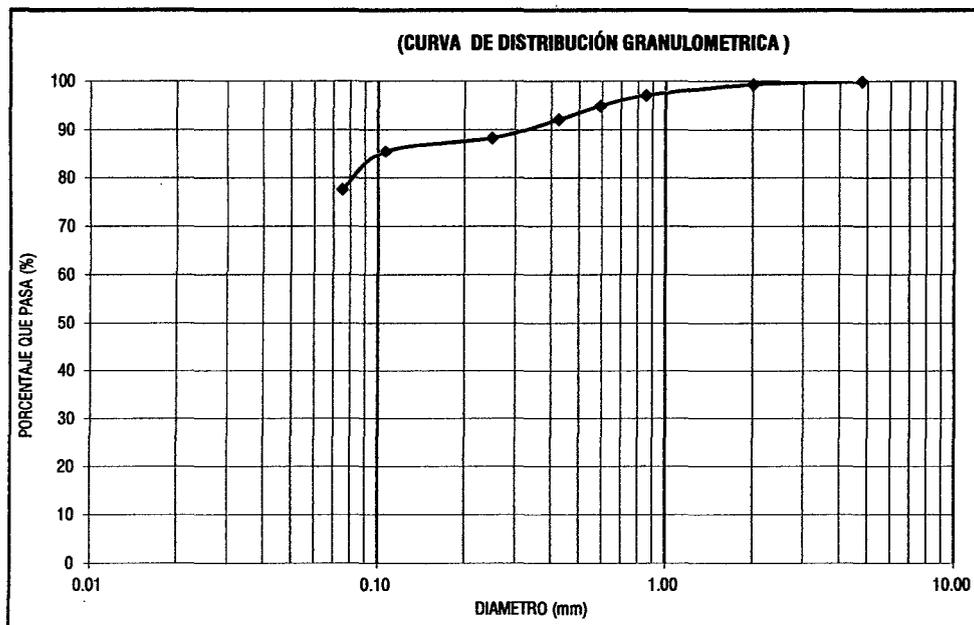


<b>OBSERVACIONES</b>	El análisis granulométrico se hizo por lavado ya que la muestra era un suelo fino
----------------------	---

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		FICHA N° 4	
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN		LABORATORIO	UNC - SJ
			LADRILLERA	LADRILLERA LOZANO
			MUESTRA	LL

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR LAVADO**  
NTP 339.128

TAMIZ		PESO RETENIDO	PESO RETENIDO	PORCENTAJE	PORCENTAJE	MUESTRA TOTAL	
N°	ABERTUR A(mm)	PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	363.60
N° 10	2.00	2.10	2.10	0.58	99.42		
N° 20	0.85	8.10	10.20	2.81	97.19		
N° 30	0.59	7.90	18.10	4.98	95.02		
N° 40	0.43	10.10	28.20	7.76	92.24		
N° 60	0.25	13.80	42.00	11.55	88.45		
N° 100	0.11	10.10	52.10	14.33	85.67		
N° 200	0.08	28.80	80.90	22.25	77.75		
CAZOLETA	--	282.70	363.60	100.00	0.00		
TOTAL		363.60					

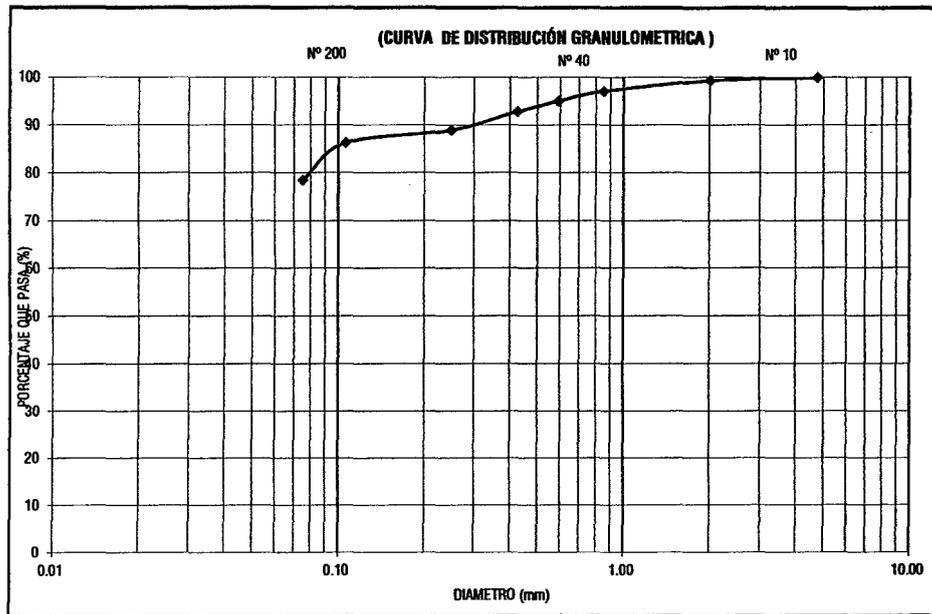


OBSERVACIONES	El análisis granulométrico se hizo por lavado ya que la muestra era un suelo fino
---------------	---

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	<b>FICHA N° 5</b>	
		<b>LABORATORIO</b>	<b>UNC - SJ</b>
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN</b>	<b>LADRILLERA</b>	<b>LADRILLERA AREVALO</b>
		<b>MUESTRA</b>	<b>LAR</b>

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR LAVADO</b>
<b>NTP 339.128</b>

TAMIZ		PESO RETENIDO	PESO RETENIDO	PORCENTAJE	PORCENTAJE	MUESTRA TOTAL	
N°	ABERTURA (mm)	PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	370.40
N° 10	2.00	2.40	2.40	0.65	99.35		
N° 20	0.85	8.30	10.70	2.89	97.11		
N° 30	0.59	7.50	18.20	4.91	95.09		
N° 40	0.43	8.10	26.30	7.10	92.90		
N° 60	0.25	14.30	40.60	10.96	89.04		
N° 100	0.11	9.80	50.40	13.61	86.39		
N° 200	0.08	28.90	79.30	21.41	78.59		
CAZOLETA	--	291.10	370.40	100.00	0.00		
TOTAL		370.40					

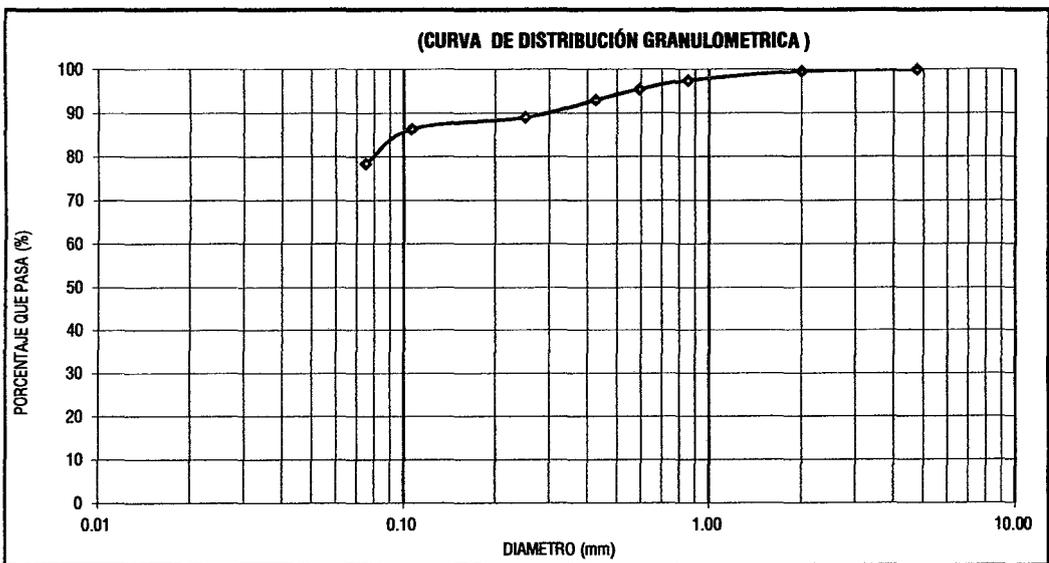


<b>OBSERVACIONES</b>	<b>El análisis granulométrico se hizo por lavado ya que la muestra era un suelo fin</b>
----------------------	---

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		FICHA N° 6	
			LABORATORIO	UNC - SJ
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN		LADRILLERA	LADRILLERA GONZALES
			MUESTRA	L

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR LAVADO**  
NTP 339.128

TAMIZ		PESO RETENIDO	PESO RETENIDO	PORCENTAJE	PORCENTAJE	MUESTRA TOTAL	
N°	ABERTURA (mm)	PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	363.80
N° 10	2.00	1.40	1.40	0.38	99.62		
N° 20	0.85	7.60	9.00	2.47	97.53		
N° 30	0.59	7.20	16.20	4.45	95.55		
N° 40	0.43	8.90	25.10	6.90	93.10		
N° 60	0.25	14.50	39.60	10.89	89.11		
N° 100	0.11	9.70	49.30	13.55	86.45		
N° 200	0.08	28.90	78.20	21.50	78.50		
CAZOLETA	--	285.60	363.80	100.00	0.00		
TOTAL		363.80					



OBSERVACIONES	El análisis granulométrico se hizo por lavado ya que la muestra era un suelo fino
---------------	---

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	<b>FICHA N° 7</b>	
		<b>LABORATORIO</b>	<b>UNC - SJ</b>
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN</b>	<b>LADRILLERA</b>	<b>LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS PAKAMUROS"</b>
		<b>MUESTRA</b>	<b>LI-1</b>

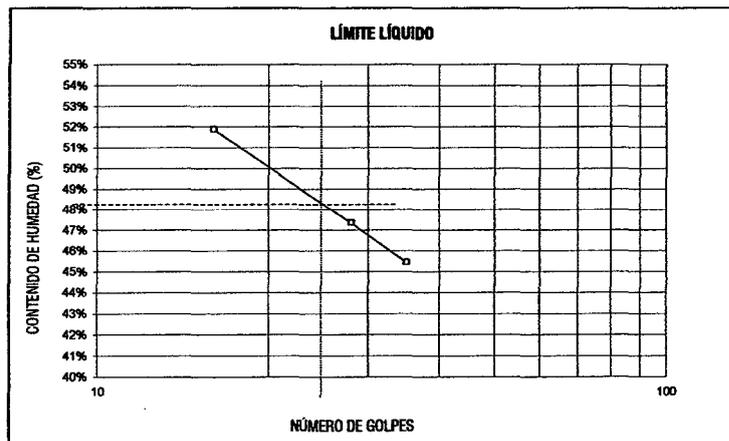
**LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS  
NTP 339.129**

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	6	3	2
Wt+ M.Húmeda (gr)	39.40	38.90	36.90
Wt+ M. Seca (gr)	35.30	35.30	33.90
W agua (gr)	4.10	3.60	3.00
W tara (gr)	27.40	27.70	27.30
W M.Seca (gr)	7.90	7.60	6.60
W(%)	51.90%	47.37%	45.45%
N.GOLPES	16	28	35

<b>TEMPERATURA DE SECADO</b>	
<b>PREPARACIÓN DE MUESTRA</b>	
60°C	110° C
<b>AGUA USADA</b>	
<b>POTABLE</b>	

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	5	Promedio
Wt+ M.Húmeda (gr)	31.6	32.20	
Wt+ M. Seca (gr)	30.9	31.30	
W agua (gr)	0.70	0.90	
W tara (gr)	27.8	27.20	
W M.Seca (gr)	3.10	4.10	
W(%)	22.58%	21.95%	

<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>	<b>48</b>
<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>	<b>22</b>
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)</b>	<b>26</b>



<b>OBSERVACIÓN</b>	EL CÁLCULO Y REPORTE DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD, SERA CON APROXIMACIÓN AL ENTERO MAS CERCANO, OMITIENDO EL SÍMBOLO DE PORCENTAJE.
--------------------	--

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	<b>FICHA N° 8</b>	
		<b>LABORATORIO</b>	<b>UNC - SJ</b>
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN</b>	<b>LADRILLERA</b>	<b>LADRILLERA AGUILAR</b>
		<b>MUESTRA</b>	<b>LA</b>

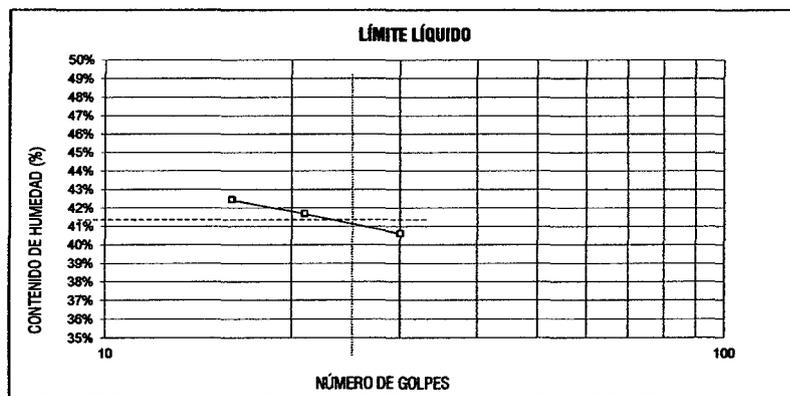
**LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS  
NTP 339.129**

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt+ M.Húmeda (gr)	54.30	59.30	63.30
Wt+ M. Seca (gr)	46.50	50.00	52.60
W agua (gr)	7.80	9.30	10.70
W tara (gr)	27.30	27.70	27.40
W M.Seca (gr)	19.20	22.30	25.20
W(%)	40.63%	41.70%	42.46%
N.GOLPES	30	21	16

TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60°C	110°C
AGUA USADA	
POTABLE	

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt+ M.Húmeda (gr)	35	34.80	
Wt+ M. Seca (gr)	33.9	33.70	
W agua (gr)	1.10	1.10	
W tara (gr)	27.8	27.50	
W M.Seca (gr)	6.10	6.20	
W(%)	18.03%	17.74%	

LÍMITE LÍQUIDO (%)	41
LÍMITE PLÁSTICO (%)	18
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	23



**OBSERVACIÓN** EL CALCULO Y REPORTE DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD, SERA CON APROXIMACIÓN AL ENTERO MAS CERCANO, OMITIENDO EL SÍMBOLO DE PORCENTAJE.

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	<b>FICHA N° 9</b>	
		<b>LABORATORIO</b>	<b>UNC - SJ</b>
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN</b>	<b>LADRILLERA MUESTRA</b>	<b>LADRILLERA LLANOS L-LL</b>

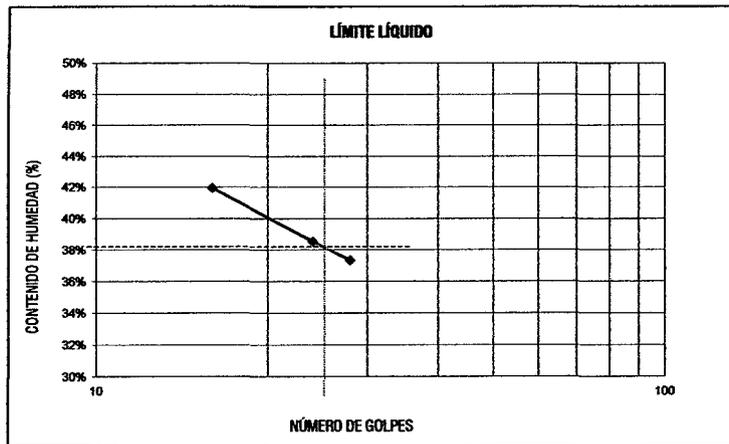
**LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**  
**NTP 339.129**

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	7	8	9
Wt+ M. Húmeda (gr)	55.00	58.10	58.00
Wt+ M. Seca (gr)	47.60	49.50	49.10
W agua (gr)	7.40	8.60	8.90
W tara (gr)	27.80	27.20	27.90
W M. Seca (gr)	19.80	22.30	21.20
W(%)	37.37%	38.57%	41.98%
N.GOLPES	28	24	16

TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60°C	110° C
AGUA USADA	
POTABLE	

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	10	11	Promedio
Wt+ M. Húmeda (gr)	35.4	35.00	
Wt+ M. Seca (gr)	34	33.60	
W agua (gr)	1.40	1.40	
W tara (gr)	27.8	27.30	
W M. Seca (gr)	6.20	6.30	
W(%)	22.58%	22.22%	

LÍMITE LÍQUIDO (%)	38
LÍMITE PLÁSTICO (%)	22
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	16



<b>OBSERVACIÓN</b>	EL CÁLCULO Y REPORTE DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD, SERA CON APROXIMACIÓN AL ENTERO MAS CERCANO, OMITIENDO EL SÍMBOLO DE PORCENTAJE.
--------------------	--

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	<b>FICHA N° 10</b>	
		<b>LABORATORIO</b>	<b>UNC - SJ</b>
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN</b>	<b>LADRILLERA</b>	<b>LADRILLERA LOZANO</b>
		<b>MUESTRA</b>	<b>LL</b>

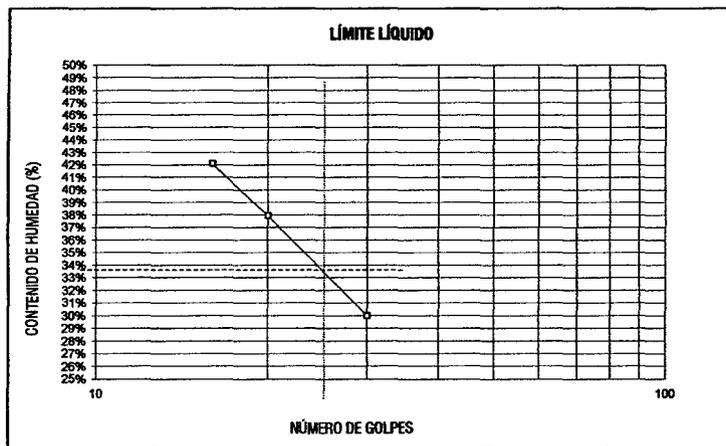
**LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS  
NTP 339.129**

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt+ M.Húmeda (gr)	55.90	58.60	62.50
Wt+ M. Seca (gr)	49.30	50.10	52.10
W agua (gr)	6.60	8.50	10.40
W tara (gr)	27.30	27.70	27.40
W M.Seca (gr)	22.00	22.40	24.70
W(%)	30.00%	37.95%	42.11%
N.GOLPES	30	20	16

TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60°C	110° C
AGUA USADA	
POTABLE	

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt+ M.Húmeda (gr)	35.6	35.10	
Wt+ M. Seca (gr)	34.2	33.80	
W agua (gr)	1.40	1.30	
W tara (gr)	27.8	27.50	
W M.Seca (gr)	6.40	6.30	
W(%)	21.88%	20.63%	

LÍMITE LÍQUIDO (%)	34
LÍMITE PLÁSTICO (%)	21
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	13



<b>OBSERVACIÓN</b>	EL CÁLCULO Y REPORTE DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD, SERA CON APROXIMACIÓN AL ENTERO MAS CERCANO, OMITIENDO EL SÍMBOLO DE PORCENTAJE.
--------------------	--

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	<b>FICHA N° 11</b>	
		<b>LABORATORIO</b>	<b>UNC - SJ</b>
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN</b>	<b>LADRILLERA</b>	<b>LADRILLERA AREVALO</b>
		<b>MUESTRA</b>	<b>LAR</b>

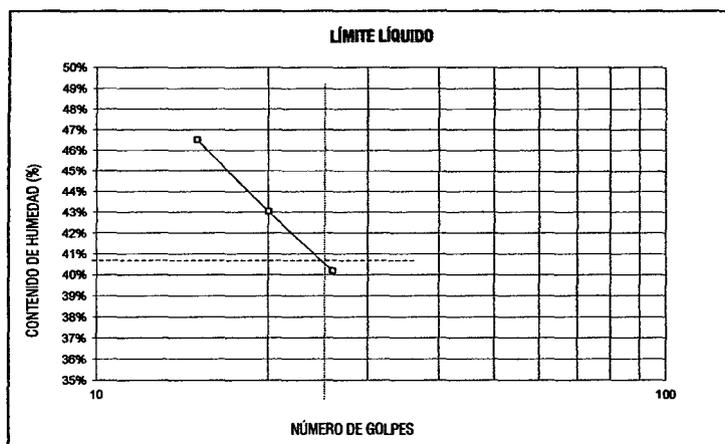
**LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS  
NTP 339.129**

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	7	8	9
Wt+ M.Húmeda (gr)	55.70	59.10	63.80
Wt+ M. Seca (gr)	47.70	49.50	52.40
W agua (gr)	8.00	9.60	11.40
W tara (gr)	27.80	27.20	27.90
W M.Seca (gr)	19.90	22.30	24.50
W(%)	40.20%	43.05%	46.53%
N.GOLPES	26	20	15

TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60°C	110° C
AGUA USADA	
POTABLE	

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	10	11	Promedio
Wt+ M.Húmeda (gr)	34.9	34.80	
Wt+ M. Seca (gr)	33.7	33.60	
W agua (gr)	1.20	1.20	
W tara (gr)	27.8	27.30	
W M.Seca (gr)	5.90	6.30	
W(%)	20.34%	19.05%	

LÍMITE LÍQUIDO (%)	41
LÍMITE PLÁSTICO (%)	20
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	21



<b>OBSERVACIÓN</b>	EL CÁLCULO Y REPORTE DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD, SERA CON APROXIMACIÓN AL ENTERO MAS CERCANO, OMITIENDO EL SÍMBOLO DE PORCENTAJE.
--------------------	--

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		FICHA N° 12	
			LABORATORIO	UNC - SJ
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN		LADRILLERA	LADRILLERA GONZALES
			MUESTRA	LG

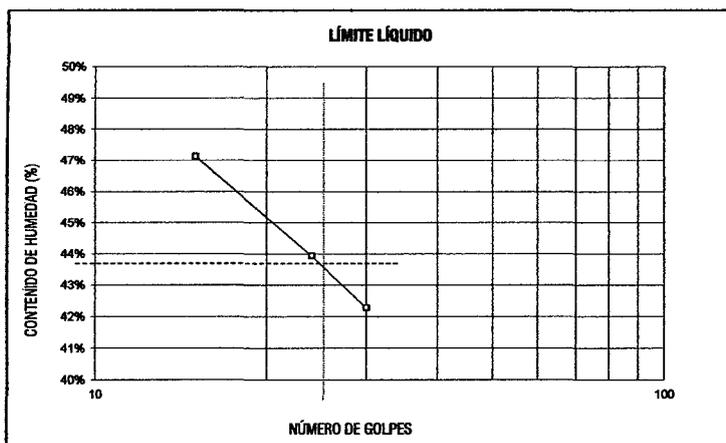
**LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**  
NTP 339.129

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt+ M.Húmeda (gr)	55.90	59.80	63.30
Wt+ M. Seca (gr)	47.40	50.00	51.80
W agua (gr)	8.50	9.80	11.50
W tara (gr)	27.30	27.70	27.40
W M.Seca (gr)	20.10	22.30	24.40
W(%)	42.29%	43.95%	47.13%
N.GOLPES	30	24	15

TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60°C	110° C
AGUA USADA	
POTABLE	

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt+ M.Húmeda (gr)	34.9	34.80	
Wt+ M. Seca (gr)	33.8	33.60	
W agua (gr)	1.10	1.20	
W tara (gr)	27.8	27.50	
W M.Seca (gr)	6.00	6.10	
W(%)	18.33%	19.67%	

LÍMITE LÍQUIDO (%)	44
LÍMITE PLÁSTICO (%)	19
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	25



<b>OBSERVACIÓN</b>	EL CÁLCULO Y REPORTE DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD, SERA CON APROXIMACIÓN AL ENTERO MAS CERCANO, OMITIENDO EL SÍMBOLO DE PORCENTAJE.
--------------------	--



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL – SJ**

**TABLA PARA LA CLASIFICACION SUCS**

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN							
DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TIPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES			
Suelos de grano grueso (mas del 50 % del material es mayor en tamaño que el tamiz No 200)	Gravas (mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4)	Gravas Limpias (poco o ningun fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningun fino	Cu > 4 1 < Cc < 3		
			GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningun fino	No cumple todos los requisitos de gradacion para GW		
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A o Ip < 4	A los materiales sobre la línea A con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo	
			GC	Gravas arcillosas, mezcla grava-arena-arcillosas	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó Ip > 7		
	Arenas (mas de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4)	Arenas Limpias (poco o ningun fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino	Cu > 6 1 < Cc < 3		
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino	No cumple todos los requisitos de gradacion para SW		
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A ó Ip < 4	Si el material está en la zona sombreada con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó Ip > 7		
Suelos de grano fino (mas del 50 % del material pasa el tamiz No 200)	limos y arcillas (Límite líquido wL < 50)	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Mas del			
		CL	Arcillas inorganicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.				
		OL	Limos organicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad				
	limos y arcillas (Límite líquido wL > 50)	MH	Limos inorganicos, suelos limosos o arenosos finos micaceos o diatomaceos, suelos elasticos.				
		CH	Arcillas organicas de alta plasticidad, arcillas grasas.				
		OH	Arcillas organicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos				
		Pt	Turba o otros suelos altamente organicos				
Suelos Altamente orgánicos		Pt	Turba o otros suelos altamente organicos				

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	<b>FICHA N° 13</b>	
		<b>LABORATORIO</b>	<b>UNC - SJ</b>
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN</b>		<b>LADRILLERA</b>	<b>LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS PAKAMUROS"</b>

<b>VARIACIÓN DIMENSIONAL NTP 399.613</b>
--

**MUESTRA 1 : LADRILLO DE 24 X 13 X 9 cm**

UNIDAD	LARGO (mm)				PROMEDIO (mm)
M1-L1	240	240	241	240	240
M1-L2	241	242	241	242	242
M1-L3	240	240	239	239	240
M1-L4	241	241	240	241	241
M1-L5	241	241	240	240	241
M1-L6	241	241	241	243	241
M1-L7	242	242	242	242	242
M1-L8	241	241	240	240	240
M1-L9	240	240	241	241	240
M1-L10	241	240	240	240	240

UNIDAD	ANCHO (mm)				PROMEDIO (mm)
M1-L1	129	129	129	129	129
M1-L2	129	130	130	131	130
M1-L3	130	130	130	130	130
M1-L4	125	130	128	130	128
M1-L5	131	130	130	130	130
M1-L6	130	131	130	131	130
M1-L7	131	131	130	131	131
M1-L8	130	131	130	130	130
M1-L9	131	131	130	130	130
M1-L10	129	129	129	129	129

UNIDAD	ALTO (mm)				PROMEDIO (mm)
M1-L1	91	88	89	90	89
M1-L2	93	92	90	91	92
M1-L3	91	91	92	91	91
M1-L4	90	90	90	91	90
M1-L5	88	89	88	89	89
M1-L6	90	91	91	92	91
M1-L7	92	94	94	94	94
M1-L8	94	93	92	90	92
M1-L9	94	94	90	90	92
M1-L10	90	90	89	89	89

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	FICHA N° 14	
		LABORATORIO	UNC - SJ
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN		LADRILLERA	LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS PAKAMUROS"

VARIACIÓN DIMENSIONAL NTP 399.613
--------------------------------------

**MUESTRA 2 : LADRILLO DE 23 X 12 X 9 cm**

UNIDAD	LARGO (mm)				PROMEDIO (mm)
M2-L1	230	228	228	229	229
M2-L2	229	229	230	229	229
M2-L3	228	229	229	230	229
M2-L4	229	228	229	229	229
M2-L5	228	229	228	228	228
M2-L6	230	230	230	230	230
M2-L7	230	231	231	230	230
M2-L8	231	230	232	232	231
M2-L9	231	232	232	229	231
M2-L10	232	232	230	230	231

UNIDAD	ANCHO (mm)				PROMEDIO (mm)
M2-L1	124	125	122	123	123
M2-L2	124	124	124	124	124
M2-L3	122	122	122	121	122
M2-L4	122	122	122	123	122
M2-L5	122	122	122	122	122
M2-L6	124	124	123	123	124
M2-L7	122	123	122	121	122
M2-L8	122	122	123	123	123
M2-L9	123	124	122	123	123
M2-L10	124	124	123	123	123

UNIDAD	ALTO (mm)				PROMEDIO (mm)
M2-L1	90	90	90	90	90
M2-L2	88	89	88	88	88
M2-L3	89	90	90	90	90
M2-L4	87	88	88	88	88
M2-L5	89	90	90	89	90
M2-L6	93	92	93	92	93
M2-L7	91	89.5	90	90	90
M2-L8	91	91	91	90.5	91
M2-L9	91	92.5	92.5	91	92
M2-L10	92	89	92	90	91

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	FICHA N° 15	
		LABORATORIO	UNC - SJ
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN	LADRILLERA	LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS PAKAMUROS"

ALABEO NTP 399.613
-----------------------

**MUESTRA 1 : LADRILLO DE 24 X 13 X 9 cm**

**Cálculo de la concavidad de los ladrillos**

UNIDAD	CONCAVIDAD				PROMEDIO (mm)
	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		
M1-L1	1.50	1.50	-	-	1.50
M1-L2	-	-	2.50	2.50	2.50
M1-L3	1.00	1.00	1.50	2.00	1.38
M1-L4	-	-	2.00	2.50	2.25
M1-L5	1.50	2.50	0	0.50	1.13
M1-L6	2.50	2.00	0	0	1.13
M1-L7	1.00	0.50	1.00	1.50	1.00
M1-L8	-	-	1.50	2.00	0.88
M1-L9	1.00	1.50	0.50	0.50	0.88
M1-L10	0.50	0.50	2.00	1.00	1.00

**Cálculo de la convexidad de los ladrillos**

UNIDAD	CONVEXIDAD				PROMEDIO (mm)
	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		
M1-L1	-	-	1.00	1.00	1.00
M1-L2	0.50	0.50	-	-	0.50
M1-L3	-	-	-	-	-
M1-L4	0.50	0.50	-	-	0.50
M1-L5	-	-	-	-	-
M1-L6	-	-	-	-	-
M1-L7	-	-	-	-	-
M1-L8	1.00	1.00	-	-	1.00
M1-L9	-	-	-	-	-
M1-L10	-	-	-	-	-

OBSERVACIÓN	LOS LADRILLOS QUE SE HAN UTILIZADO PARA ESTE ENSAYO SON LOS MISMOS QUE SE UTILIZARON PARA LA VARIACIÓN DIMENSIONAL POR LO QUE SE HA CONSIDERADO LAS MEDIDAS PROMEDIO ENCONTRADAS EN DICHO ENSAYO
-------------	--

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	FICHA N° 16	
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN	LABORATORIO	UNC - SJ
		LADRILLERA	LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS PAKAMUROS"

ALABEO NTP 399.613
-----------------------

**MUESTRA 2 : LADRILLO DE 23 X 12 X 9 cm**

**Cálculo de la concavidad de los ladrillos**

UNIDAD	CONCAVIDAD				PROMEDIO (mm)
	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		
M2-L1	2.50	3.00	-	-	2.75
M2-L2	2.00	2.50	-	-	2.25
M2-L3	2.50	2.50	0.00	0.00	1.25
M2-L4	-	-	2.50	2.50	2.50
M2-L5	2.00	2.00	0.00	0.00	1.00
M2-L6	1.50	2.50	-	-	2.00
M2-L7	1.00	1.50	0.50	1.00	1.00
M2-L8	1.00	1.50	0.50	1.00	1.00
M2-L9	0.00	0.00	1.50	2.00	0.88
M2-L10	2.50	2.50	0.00	0.00	2.50

**Cálculo de la convexidad de los ladrillos**

UNIDAD	CONVEXIDAD				PROMEDIO (mm)
	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		
M2-L1	-	-	1.00	1.00	1.00
M2-L2	-	-	-	-	-
M2-L3	-	-	-	-	-
M2-L4	0.50	0.50	-	-	0.50
M2-L5	-	-	-	-	-
M2-L6	-	-	1.50	1.00	1.25
M2-L7	-	-	-	-	-
M2-L8	-	-	-	-	-
M2-L9	-	-	-	-	-
M2-L10	-	-	-	-	-

OBSERVACIÓN	LOS LADRILLOS QUE SE HAN UTILIZADO PARA ESTE ENSAYO SON LOS MISMOS QUE SE UTILIZARON PARA LA VARIACIÓN DIMENSIONAL POR LO QUE SE HA CONSIDERADO LAS MEDIDAS PROMEDIO ENCONTRADAS EN DICHO ENSAYO
-------------	--

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	FICHA N° 17	
		LABORATORIO	UNC - SJ
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN	LADRILLERA	LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS PAKAMUROS"

SUCCIÓN NTP 399.613
------------------------

**MUESTRA 1 : LADRILLO DE 24 X 13 X 9 cm**

UNIDAD	LARGO (cm)		PROMEDIO (cm)	ANCHO (cm)		PROMEDIO (cm)
M1-SUC.1	23.9	24	23.95	13	12.95	12.975
M1-SUC.2	24.2	24.1	24.15	13	12.9	12.95
M1-SUC.3	24.2	24.15	24.175	12.9	13	12.95
M1-SUC.4	24.1	24	24.05	12.95	12.9	12.925
M1-SUC.5	24.2	24.2	24.2	13	13	13

UNIDAD	PESO SECO (g)		PROMEDIO (g)	PESO SATURADO (g)
M1-SUC.1	3277	3276.9	3276.95	3293.6
M1-SUC.2	3277.9	3277.2	3277.55	3295.4
M1-SUC.3	3285.1	3284.8	3284.95	3303.6
M1-SUC.4	3263.6	3263.8	3263.7	3294.6
M1-SUC.5	3334.2	3333.9	3334.05	3354.3

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	FICHA N° 18	
		LABORATORIO	UNC - SJ
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN	LADRILLERA	LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS PAKAMUROS"

SUCCIÓN NTP 399.613
------------------------

MUESTRA 2 : LADRILLO DE 23 X 12 X 9 cm

UNIDAD	LARGO (mm)		PROMEDIO (mm)	ANCHO (mm)		PROMEDIO (mm)
M2-SUC.1	23.1	23	23.05	12.3	12.3	12.3
M2-SUC.2	23	23	23	12.4	12.3	12.35
M2-SUC.3	23	23.1	23.05	12.4	12.4	12.4
M2-SUC.4	23.1	23	23.05	12.3	12.3	12.3
M2-SUC.5	23	23.1	23.05	12.4	12.4	12.4

UNIDAD	PESO SECO (g)		PROMEDIO (g)	PESO SATURADO (g)
M2-SUC.1	2682.6	2682.8	2682.7	2700.9
M2-SUC.2	2690.1	2690	2690.05	2716.1
M2-SUC.3	2659.6	2659.6	2659.6	2687
M2-SUC.4	2662	2661.9	2661.95	2687
M2-SUC.5	2693	2693	2693	2715

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	<b>FICHA N° 19</b>	
		<b>LABORATORIO</b>	<b>UNC - SJ</b>
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN</b>		<b>LADRILLERA</b>	<b>LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS"</b>

<b>PORCENTAJE DE VACIOS NTP 399.613</b>
---

**MUESTRA 1 : LADRILLO DE 24 X 13 X 9 cm**

**Cálculo del volumen del los ladrillos**

UNIDAD	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	VOLUMEN (cm3)
M1-L1	24.01	12.90	8.94	2768.49
M1-L2	24.15	12.99	9.15	2869.88
M1-L3	23.95	13.00	9.13	2841.07
M1-L4	24.08	12.83	9.03	2786.58
M1-L5	24.05	13.03	8.85	2772.27
M1-L6	24.11	13.03	9.10	2857.99
M1-L7	24.18	13.06	9.35	2952.60
M1-L8	24.04	13.03	9.21	2884.33
M1-L9	24.04	13.03	9.20	2880.41
M1-L10	24.01	12.90	8.94	2768.49

**cálculo del volumen de la arena que llena los vacíos**

volumen de arena (ml)                      500

UNIDAD	PESO EN g DE ARENA 500 ml	PESO EN g DE ARENA DEL ESPÉCIMEN	VOLUMEN ARENA (ml)
M1-L1	740.00	1410.70	953.18
M1-L2	740.00	1405.30	949.53
M1-L3	740.00	1440.30	973.18
M1-L4	740.00	1441.70	974.12
M1-L5	740.00	1408.20	951.49
M1-L6	740.00	1412.00	954.05
M1-L7	740.00	1442.30	974.53
M1-L8	740.00	1403.50	948.31
M1-L9	740.00	1434.10	968.99
M1-L10	740.00	1400.90	946.55

<b>OBSERVACIÓN</b>	<b>LOS LADRILLOS QUE SE HAN UTILIZADO PARA ESTE ENSAYO SON LOS MISMOS QUE SE UTILIZARON PARA LA VARIACIÓN DIMENSIONAL POR LO QUE SE HA CONSIDERADO LAS MEDIDAS PROMEDIO ENCONTRADAS EN DICHO</b>
--------------------	--

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	FICHA N° 20	
	FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN	LABORATORIO	UNC - SJ
		LADRILLERA	LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS"

<b>PORCENTAJE DE VACIOS</b> <b>NTP 399.613</b>
---

**MUESTRA 2 : LADRILLO DE 23 X 12 X 9 cm**

**Cálculo del volumen del los ladrillos**

UNIDAD	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )
M2-L1	22.88	12.34	9.00	2539.98
M2-L2	22.93	12.40	8.83	2508.68
M2-L3	22.90	12.18	8.98	2502.30
M2-L4	22.88	12.23	8.78	2453.90
M2-L5	22.83	12.20	8.95	2492.26
M2-L6	23.00	12.35	9.25	2627.46
M2-L7	23.04	12.19	9.01	2530.44
M2-L8	23.11	12.25	9.09	2572.93
M2-L9	23.09	12.30	9.18	2605.48
M2-L10	23.08	12.34	9.08	2583.54

**cálculo del volumen de la arena que llena los vacíos**

volumen de arena (ml)                      500

UNIDAD	PESO EN g DE ARENA 500 ml	PESO EN g DE ARENA DEL ESPECIMEN	VOLUMEN ARENA (ml)
M2-L1	740.00	1587.60	1072.70
M2-L2	740.00	1595.40	1077.97
M2-L3	740.00	1581.30	1068.45
M2-L4	740.00	1568.00	1059.46
M2-L5	740.00	1560.00	1054.05
M2-L6	740.00	1612.60	1089.59
M2-L7	740.00	1582.70	1069.39
M2-L8	740.00	1587.70	1072.77
M2-L9	740.00	1616.00	1091.89
M2-L10	740.00	1580.50	1067.91

<b>OBSERVACIÓN</b>	LOS LADRILLOS QUE SE HAN UTILIZADO PARA ESTE ENSAYO SON LOS MISMOS QUE SE UTILIZARON PARA LA VARIACIÓN DIMENSIONAL POR LO QUE SE HA CONSIDERADO LAS MEDIDAS PROMEDIO ENCONTRADAS EN DICHO ENSAYO
--------------------	--

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	FICHA N° 21	
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN	LABORATORIO	UNC - SJ
		LADRILLERA	LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS PAKAMUROS"

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 399.613
--

**MUESTRA 1 : LADRILLO DE 24 X 13 X 9 cm**

UNIDAD	LARGO PROMEDIO (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	CARGA MÁXIMA (Lb)	CARGA MÁXIMA (Kg)
M1-COMP.1	24.01	12.9	92500	41957.7
M1-COMP.2	24.15	12.9875	92000	41730.9
M1-COMP.3	23.95	13	91000	41277.3
M1-COMP.4	24.08	12.825	94500	42864.9
M1-COMP.5	24.05	13.025	93500	42411.3

**MUESTRA 2 : LADRILLO DE 23 X 12 X 9 cm**

UNIDAD	LARGO PROMEDIO (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	CARGA MÁXIMA (Lb)	CARGA MÁXIMA (Kg)
M2-COMP. 1	22.88	12.34	62500	28349.8
M2-COMP. 2	22.93	12.40	61000	27669.4
M2-COMP. 3	22.90	12.18	60500	27442.6
M2-COMP. 4	22.88	12.23	59000	26762.2
M2-COMP. 5	22.83	12.20	58500	26535.4

OBSERVACIÓN	LOS LADRILLOS QUE SE HAN UTILIZADO PARA ESTE ENSAYO SON LOS ESPECIMENES DESDE L1 HASTA L5 QUE SE UTILIZARON PARA EL ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE CADA MUESTRA , POR ESO SOLO SE ESTA CONSIDERANDO PARA ESTE ENSAYO LAS MEDIDAS PROMEDIO.
-------------	--

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	FICHA N° 22	
		LABORATORIO	UNC - SJ
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN	LADRILLERA	LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS PAKAMUROS"

MÓDULO DE ROTURA (ENSAYO DE FLEXIÓN ) NTP 399.613
--

**MUESTRA 1 : LADRILLO DE 24 X 13 X 9 cm**

UNIDAD	ANCHO PROMEDIO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	MÁXIMA CARGA APLICADA (daN)
M1-MR 1	13.025	9.1	19.5	810
M1-MR 2	13.0625	9.35	19.5	780
M1-MR 3	13.025	9.2125	19.5	840
M1-MR 4	13.025	9.2	19.5	820
M1-MR 5	12.9	8.9375	19.5	800

**MUESTRA 2 : LADRILLO DE 23 X 12 X 9 cm**

UNIDAD	ANCHO PROMEDIO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	MÁXIMA CARGA APLICADA (daN)
M2-MR 1	12.35	9.25	19.5	740
M2-MR 2	12.1875	9.0125	19.5	690
M2-MR 3	12.25	9.0875	19.5	700
M2-MR 4	12.3	9.175	19.5	680
M2-MR 5	12.3375	9.075	19.5	720

OBSERVACIÓN	LOS LADRILLOS QUE SE HAN UTILIZADO PARA ESTE ENSAYO SON LOS ESPECÍMENES DESDE L6 HASTA L10 QUE SE UTILIZARON PARA EL ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE CADA MUESTRA , POR ESO SOLO SE ESTA CONSIDERANDO PARA ESTE ENSAYO LAS MEDIDAS PROMEDIO.
-------------	---

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		FICHA N° 23	
			LABORATORIO	UNC - SJ
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN		LADRILLERA	LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS PAKAMUROS"

DENSIDAD ITINTEC 331.018
-----------------------------

**MUESTRA 1 : LADRILLO DE 24 X 13 X 9 cm**

UNIDAD	PESO SECO (g)		PROMEDIO (g)	PESO SUMERGIDO (g)	PESO SATURADO (g)
M1-DENS.1	3375.2	3375.1	3375.2	2035.2	3815
M1-DENS.2	3262.8	3262.8	3262.8	2000.2	3671.9
M1-DENS.3	3235.9	3235.7	3235.8	1959.1	3633.2
M1-DENS.4	3413.7	3413.8	3413.75	2107.5	3863.8
M1-DENS.5	3273.5	3273.5	3273.5	1980.2	3664.3

**MUESTRA 2 : LADRILLO DE 23 X 12 X 9 cm**

UNIDAD	PESO SECO (g)		PROMEDIO (g)	PESO SUMERGIDO (g)	PESO SATURADO (g)
M2-DENS.1	2707.5	2705.5	2706.5	1683.1	3074.5
M2-DENS.2	2715.2	2715.1	2715.15	1704.9	3095.6
M2-DENS.3	2706.1	2706	2706.05	1698.6	3089.2
M2-DENS.4	2707.4	2707.4	2707.4	1648.7	3062.7
M2-DENS.5	2696	2696	2696	1659	3043

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	FICHA N° 24	
		LABORATORIO	UNC - SJ
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN	LADRILLERA	LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS PAKAMUROS"

**ENSAYO PARA MEDIR LA EFLORESCENCIA**  
NTP 399.613

**MUESTRA 1 : LADRILLO DE 24 X 13 X 9 cm**

UNIDAD	NO EFLORESCENTE	EFLORESCENTE
M1-		X
L-2		X
L-3		X
L-4		X
L-5		X
L-6		X
L-7		X
L-8		X
L-9		X
L-10		X

**MUESTRA 2 : LADRILLO DE 23 X 12 X 9 cm**

UNIDAD	NO EFLORESCENTE	EFLORESCENTE
M1-		X
L-2		X
L-3		X
L-4		X
L-5		X
L-6		X
L-7		X
L-8		X
L-9		X
L-10		X

OBSERVACIÓN	Todas las unidades que fueron analizadas no presentan manchas de eflorescencia
-------------	--

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	FICHA N° 25	
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN	LABORATORIO	UNC - SJ
		LADRILLERA	LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS PAKAMUROS"

<p style="text-align: center;"><b>ABSORCIÓN</b> NTP 399.613</p>
---

**MUESTRA 1 : LADRILLO DE 24 X 13 X 9 cm**

UNIDAD	PESO SECO (g)		PROMEDIO (g)	PESO SATURADO (g)
M1-ABS.1	3223.5	3223.3	3223.4	3597.8
M1-ABS.2	3319.0	3318.7	3318.9	3700.9
M1-ABS.3	3286.9	3286.4	3286.7	3672.4
M1-ABS.4	3337.8	3337.2	3337.5	3742.6
M1-ABS.5	3268.4	3267.8	3268.1	3661.1

**MUESTRA 2 : LADRILLO DE 23 X 12 X 9 cm**

UNIDAD	PESO SECO (g)		PROMEDIO (g)	PESO SATURADO (g)
M2-ABS.1	2697.3	2697.8	2697.6	3037.2
M2-ABS.2	2731.4	2731.4	2731.4	3075.9
M2-ABS.3	2694.7	2694.9	2694.8	3027.3
M2-ABS.4	2645.7	2646.0	2645.9	2976.8
M2-ABS.5	2744.0	2743.7	2743.9	3093.5

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	FICHA N° 26	
		LABORATORIO	UNC - SJ
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - SEDE JAÉN	LADRILLERA	LADRILLERA INDUSTRIAL "CERÁMICOS PAKAMUROS"

**ABSORCIÓN MÁXIMA**  
NTP 399.613

**MUESTRA 1 : LADRILLO DE 24 X 13 X 9 cm**

UNIDAD	PESO SECO (g)		PROMEDIO (g)	PESO SATURADO (g)
M1-ABS.1	3223.5	3223.3	3223.4	3705.5
M1-ABS.2	3319	3318.7	3318.85	3718.4
M1-ABS.3	3286.9	3286.4	3286.65	3786.5
M1-ABS.4	3337.8	3337.2	3337.5	3758.6
M1-ABS.5	3268.4	3267.8	3268.1	3663.4

**MUESTRA 2 : LADRILLO DE 23 X 12 X 9 cm**

UNIDAD	PESO SECO (g)		PROMEDIO (g)	PESO SATURADO (g)
M2-ABS.1	2697.3	2697.8	2697.55	3085.2
M2-ABS.2	2731.4	2731.4	2731.4	3117.5
M2-ABS.3	2694.7	2694.9	2694.8	3074.6
M2-ABS.4	2645.7	2646	2645.85	3019.5
M2-ABS.5	2744	2743.7	2743.85	3133.7

OBSERVACIÓN	LOS LADRILLOS QUE SE HAN UTILIZADO PARA ESTE ENSAYO SON LOS MISMOS QUE SE UTILIZARON PARA LA ABSORCIÓN.
-------------	---



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

*"Norte de la Universidad Peruana"*

**SECCIÓN JAÉN**

Fundada por Ley Nº 14015 del 13 de Febrero de 1,962

**JAÉN - PERÚ**



**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN**

**"AÑO DE LA PROMOCIÓN DE LA INDUSTRIA RESPONSABLE Y DEL COMPROMISO CLIMÁTICO"**

## **CONSTANCIA**

**EL DIRECTOR DE LA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA; HACE CONSTAR:**

*Que, la Bach. **MELISA CERVERA MEGO** Identificado con DNI N° 47186555, Alumna del Programa de Actualización Profesional de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil Sede Jaén- 2014, durante el mes de Setiembre del 2014, ha realizado los ensayos de variación dimensional, alabeo, succión, densidad, absorción, absorción máxima, eflorescencia, porcentaje de vacíos, resistencia a la compresión y resistencia a tracción por flexión de los Ladrillos King Kong 18 huecos y análisis granulométrico, limite liquido y limite plástico de la materia prima en el Laboratorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, Sede Jaén, para su Proyecto de Tesis denominada "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS KING KONG 18 HUECOS DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE JAÉN".*

*Se le expide la presente Constancia a solicitud del interesado para los fines convenientes.*

*Jaén, 28 de Noviembre del 2014.*

cc.  
Archivo  
MFH/DEAPIC  
Eaaa/Sec



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA-SEDE JAÉN  
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

*F. Hernández*  
F. Hernández  
DIRECTOR DEAPIC-SEDE JAÉN