



UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA CIVIL**

TEMA:

**“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE
LADRILLOS MACIZOS FABRICADOS CON DIFERENTES TIPOS DE
ARCILLA DEL CANTÓN PASTAZA Y SU COMPARACIÓN CON EL
LADRILLO COMÚN”.**

AUTORA: Johanna Alexandra Romero Coyago

TUTOR: Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres

AMBATO - ECUADOR
Julio – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil, con el tema: “**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LADRILLOS MACIZOS FABRICADOS CON DIFERENTES TIPOS DE ARCILLA DEL CANTÓN PASTAZA Y SU COMPARACIÓN CON EL LADRILLO COMÚN**”, elaborado por la **Srta. Johanna Alexandra Romero Coyago**, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1600605057, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autora.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, julio 2021

Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACION

Yo, **Johanna Alexandra Romero Coyago**, con C.I 1600605057 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LADRILLOS MACIZOS FABRICADOS CON DIFERENTES TIPOS DE ARCILLA DEL CANTÓN PASTAZA Y SU COMPARACIÓN CON EL LADRILLO COMÚN”**, así como también los análisis estadísticos, ilustraciones, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, julio 2021



Johanna Alexandra Romero Coyago
C.I: 160060505-7
AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, julio 2021



Johanna Alexandra Romero Coyago

C.I: 160060505-7

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante **Johana Alexandra Romero Coyago** de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LADRILLOS MACIZOS FABRICADOS CON DIFERENTES TIPOS DE ARCILLA DEL CANTÓN PASTAZA Y SU COMPARACIÓN CON EL LADRILLO COMÚN”**.

Ambato, julio 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Favio Paul Portilla Yandun
Miembro Calificador

Ing. Mg. Alex Gustavo López Arboleda
Miembro Calificador

DEDICATORIA

A mis padres Edison y María, quienes con su infinito amor y siempre incondicionales me han ayudado a cumplir uno de mis más grandes anhelos; al observar su esfuerzo diario me motivaron a no rendirme, les dedico con mucho amor y gratitud esta tesis porque durante este trayecto jamás me faltó un consejo que me alentara a luchar por este sueño, que a veces solía ser con pequeñas victorias y otras veces con contratiempos, éste logro sin duda es uno más de lo que les debo.

A mis hermanos Rony, Jocelyne y Keyla quienes me inspiraron a prosperar día a día, con el fin de ser un ejemplo, aunque en muchas ocasiones aprendo de ustedes.

A Bryan, el cual ha sido sumamente importante en este proceso, por cada una de sus palabras motivadoras cuando desmayaba y sobre todo por creer en que lo lograría.

A mis amigos y familiares, quienes a lo largo de este camino me dieron sus palabras de aliento y me brindaron su ayuda cuando la necesite.

Johanna Romero

AGRADECIMIENTO

En estas palabras agradezco a Dios por todas sus bendiciones a lo largo de este camino, a mis padres amados quienes nunca me dejaron sola bajo ninguna circunstancia y me brindaron su apoyo incondicional, a mis hermanos que me motivaron a ser mejor persona día a día y a mi enamorado Bryan por jamás dejar de creer en mí.

A mi tutor Ing. Alex Frías, por compartir sus conocimientos y tiempo para desarrollar este proyecto.

A mis amigos, quienes hicieron que esta etapa sea una experiencia inolvidable.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACION	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xvii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xx
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
MARCO TEÓRICO.....	3
1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Justificación.....	5
1.3 Fundamentación Teórica.....	10
1.3.1 Tierra Negra	10
1.3.2 Arcilla.....	11
1.3.2.1 Generalidades	11
1.3.3 Tipos de Arcillas	12
1.3.4 Propiedades de la arcilla.....	12
1.4 Ladrillo.....	16
1.4.1 Partes de un ladrillo.....	16
1.4.2 Propiedades de los ladrillos.....	17
1.4.2.1 Propiedades físicas con relación a la estética del material:.....	17
1.4.2.2 Propiedades ingenieriles:	18
1.4.3 Clasificación de los ladrillos	19
1.4.4 Condiciones Generales.....	19
1.4.4.1 Materia prima	19
1.4.4.1.1 Ensayo de Granulometría.....	19
1.4.4.1.1.1 Módulo de Finura	20
1.4.4.1.2 Verificación del contenido de arcilla de las muestras.....	20
1.4.4.1.3 Análisis Químico.....	21
1.4.4.2 Fabricación.....	22
1.4.4.3 Dimensiones y tolerancias.....	22
1.5 Proceso de Fabricación del Ladrillo.....	23
1.5.1 Proceso Fabricación del ladrillo artesanal.....	23
1.5.1.1 Extracción del material	23
1.5.1.2 Tratamiento del material	23
1.5.1.3 Amasado.....	24
1.5.1.4 Reposo o Madurado	24
1.5.1.5 Moldeado	24
1.5.1.6 Secado	24
1.5.1.7 Cocción	25
1.6 Ensayos en los Ladrillos Cerámicos	25

1.6.1 Ensayos Mecánicos	26
1.6.1.1 Ensayo para la determinación de la resistencia a la Compresión.....	26
1.6.1.2. Ensayo para la determinación de la resistencia a la Flexión.....	28
1.6.2 Ensayo Físico	28
1.6.2.1 Ensayo de la determinación de la Absorción de la humedad.....	28
1.7 HIPÓTESIS	29
1.7 OBJETIVOS	30
1.7.1 Objetivo General	30
1.7.2 Objetivos Específicos.....	30
CAPÍTULO II	31
METODOLOGÍA	31
2. NIVELES DE INVESTIGACIÓN.....	31
2.1 Investigación Experimental.....	31
2.2 Investigación de Laboratorio	31
2.3 Investigación Analítica	32
2.4 Investigación de campo.....	32
2.5 Población y Muestra.....	33
2.5.1 Población.....	33
2.5.2 Muestra.....	34
2.6 Equipos y Materiales.....	35
2.7 Métodos.....	35
2.7.1 Plan de recolección de Datos	35
2.7.2 Recolección de las muestras.....	37
2.7.2.1 Extracción de la arcilla.....	37
2.7.3 Ubicación de la ladrillera	38
2.8 Análisis de la Materia Prima.....	39
2.8.1 Ensayo de Granulometría.....	39
2.8.1.1 Muestras de Pastaza	39
2.8.1.1.1 Ensayo Granulométrico de la muestra Santa Clara 1	39
2.8.1.1.1.1 Módulo de Finura de la muestra Santa Clara 1	40
2.8.1.1.2 Ensayo Granulométrico de la muestra Santa Clara 2.....	41
2.8.1.1.2.1 Módulo de Finura de la muestra Santa Clara 2	42
2.8.1.1.3 Ensayo Granulométrico de la muestra Arajuno	43
2.8.1.1.3 Módulo de Finura de la muestra “Arajuno”	44
2.8.1.1.4 Ensayo Granulométrico de la muestra Diez de Agosto	44
2.8.1.1.4.1. Módulo de Finura de la muestra “Diez de Agosto”	45
2.8.1.2 Muestra de Tungurahua.....	45
2.8.1.2.1 Ensayo Granulométrico de la muestra “Tierra negra”	45
2.8.1.2.1.1 Módulo de Finura de la muestra “Tierra Negra”	47
2.9 Verificación del contenido de arcilla de las muestras	47
2.10 Análisis Químico.....	48
2.10.1 Muestras de Pastaza	48
2.10.1.1 Determinación de la cantidad de sílice (SiO ₂) de la muestra Santa Clara1 .	48
2.10.1.2 Determinación de la cantidad de sílice (SiO ₂) de la muestra Santa Clara 2	48
2.10.1.3 Determinación de la cantidad de sílice (SiO ₂) de la muestra Arajuno	49
2.10.1.4 Determinación de la cantidad de sílice (SiO ₂) de la muestra Diez de Agosto	49
2.10.2 Muestra de Tungurahua.....	49

2.10.2.1 Determinación de la cantidad de sílice (SiO ₂) de la muestra “Tierra negra”	49
2.10.3 Resumen de los ensayos ejecutados en las muestras recolectadas	50
2.11 Proceso de Elaboración de los ladrillos	50
2.11.1 Tratamiento de la arcilla	51
2.11.2 Tamizado de la arcilla	51
2.11.3 Amasado	52
2.11.4 Reposo	54
2.11.5 Moldeado	55
2.11.6 Secado	58
2.11.7 Cocción	59
2.12 Ensayos de Laboratorio	61
2.12.1 Ensayo de la resistencia a la Compresión	62
2.12.2 Ensayo de la resistencia a la Flexión	66
2.12.3 Ensayo de Absorción de Humedad	68
2.13 Plan de Procesamiento y Análisis de Información	73
2.13.1 Metodología para la determinación de los resultados de los ensayos ejecutados	73
CAPÍTULO III	75
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	75
3.1 Análisis y discusión de los resultados	75
3.2 Resultados obtenidos de la determinación de la Resistencia a la Compresión	75
3.3 Resultados obtenidos de la determinación de la Resistencia a la Flexión	84
3.4 Resultados obtenidos de la determinación de la capacidad de la Absorción de la Humedad	88
3.5 Análisis de Resultados que influyen en la Resistencia a la Compresión	94
3.5.1 Resistencia a la Compresión vs. Módulo de Finura	94
3.5.2 Resistencia a la Flexión vs. Módulo de Finura	95
3.5.3 Resistencia a la Compresión vs. Contenido de Sílice (SiO ₂)	96
3.5.4 Resistencia a la Flexión vs. Contenido de Sílice (SiO ₂)	97
3.6 Verificación de Hipótesis	98
CAPÍTULO IV	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
4.1 Conclusiones	100
4.2 Recomendaciones	102
ANEXOS	108
A. Diagrama de proceso de Elaboración de Ladrillos	108
B. Anexos de los Ensayos de Granulometría	108
C. Anexos de los Análisis Químicos	108
D. Archivo Fotográfico	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones de ladrillos en cm	22
Tabla 2. Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos	26
Tabla 3. Equipos y Materiales	35
Tabla 4. Plan de recolección de datos	36
Tabla 5. Coordenadas de las muestras recolectadas.....	37
Tabla 6. Determinación de la Granulometría de la muestra Santa Clara 1	39
Tabla 7. Valor del Módulo de Finura de la muestra "Santa Clara 1"	40
Tabla 8. Determinación de la Granulometría de la muestra "Santa Clara 2".....	41
Tabla 9. Valor del Módulo de Finura de la muestra "Santa Clara 2"	42
Tabla 10. Determinación de la Granulometría de la muestra "Arajuno"	43
Tabla 11. Valor del Módulo de Finura de la muestra "Arajuno"	44
Tabla 12. Determinación de la Granulometría de la muestra "Diez de Agosto"	44
Tabla 13. Valor del Módulo de Finura de la muestra "Diez de Agosto"	45
Tabla 14. Determinación de la Granulometría de la muestra "Tierra Negra".....	45
Tabla 15. Valor del Módulo de Finura de la muestra "Tierra Negra".....	47
Tabla 16. Resultado del ensayo químico de la muestra "Santa Clara 1"	48
Tabla 17. Resultado del ensayo químico de la muestra "Santa Clara 2"	48
Tabla 18. Resultado del ensayo químico de la muestra "Arajuno"	49
Tabla 19. Resultado del ensayo químico de la muestra "Diez de Agosto"	49
Tabla 20. Resultado del ensayo químico de la muestra "Tierra Negra"	49
Tabla 21. Resumen de los ensayos ejecutados en los suelos usados en este proyecto investigativo.	50
Tabla 22. Probetas para la determinación de la Resistencia a la Compresión	62
Tabla 23. Probetas para la determinación de la Resistencia a la Flexión.....	66
Tabla 24. Probetas para la determinación de la Absorción de la Humedad.....	70
Tabla 25. Probetas sometidas al ensayo de Absorción de Humedad	71
Tabla 26. Resultados de los ensayos para la determinación de la Resistencia a la Compresión de las probetas con los ladrillos realizados con 66.66% de suelo arcilloso de la provincia de Pastaza y el 33.33% de la Tierra Negra de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.....	76
Tabla 27. Resultados de los ensayos para la determinación de la Resistencia a la Compresión de cada uno de los ensayos realizados con los ladrillos convencionales de las Ladrilleras de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.....	77
Tabla 28. Valores resultantes de la Resistencia a la Compresión Individual con los ladrillos realizados con 66.66% de suelo arcilloso de la provincia de Pastaza y el 33.33% de la Tierra Negra de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.	78
Tabla 29. Valores resultantes de la Resistencia a la Compresión Individual de los ensayos realizados con los ladrillos convencionales de las Ladrilleras de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.....	79
Tabla 30. Valores resultantes del ensayo de la Determinación de la Compresión en el promedio de 5 unidades de cada lote.	83
Tabla 31. Valores resultantes de cada una de las probetas sometidas al Ensayo a Flexión con los ladrillos realizados con 66.66% de suelo arcilloso de la provincia de	

Pastaza y el 33.33% de la Tierra Negra de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.....	85
Tabla 32. Valores obtenidos de cada una de las probetas sometidas al Ensayo a Flexión de cada uno de los ensayos realizados con los ladrillos convencionales de las Ladrilleras de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.....	86
Tabla 33. Comparación de los promedios de cada lote con la norma NTE INEN 297	87
Tabla 34. Valores obtenidos de la Capacidad de Absorción de Humedad con los ladrillos realizados con 66.66% de suelo arcilloso de la provincia de Pastaza y el 33.33% de la Tierra Negra de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.	88
Tabla 35. Valores obtenidos de la capacidad de Absorción de cada uno de los ensayos realizados con los ladrillos convencionales de las Ladrilleras de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.....	89
Tabla 36. Valores del Análisis de cada lote de Absorción de Humedad	90
Tabla 37. Resumen de los valores obtenidos de cada uno de los ensayos con los ladrillos realizados con 66.66% de suelo arcilloso de la provincia de Pastaza y el 33.33% de la Tierra Negra de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.	92
Tabla 38. Resumen de los valores obtenidos de cada uno de los ensayos realizados con los ladrillos convencionales de las Ladrilleras de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.....	93
Tabla 39. Datos de la correlación entre la Resistencia a la Compresión y el Módulo de Finura	94
Tabla 40. Datos de la correlación entre la Resistencia a la Flexión y el Módulo de Finura	95
Tabla 41. Datos de la correlación entre la Resistencia a la Compresión y el contenido de sílice (SiO ₂).....	96
Tabla 42. Datos de la correlación entre la Resistencia a la Flexión y el contenido de sílice	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Cinturón de Fuego del Pacífico	2
Ilustración 2. Tierra Negra	11
Ilustración 3. Arcilla	11
Ilustración 4. Incremento de volumen de la arcilla	13
Ilustración 5. Arcilla con agua y moldeada	14
Ilustración 6. Contracción de la arcilla por el secado.....	14
Ilustración 7. Cocción de la arcilla	15
Ilustración 8. Porosidad del ladrillo después de la cocción.....	15
Ilustración 9. Coloración después de la cocción de la arcilla.....	16
Ilustración 10. Partes de un ladrillo.....	17
Ilustración 11. Ubicación de las ladrilleras artesanales en la provincia de Tungurahú	33
Ilustración 12. Ubicación de las muestras de los suelos arcillosos en la provincia de Pastaza.....	37
Ilustración 13. Recolección de suelos arcillosos	38
Ilustración 14. Ladrillera artesanal “El Duro”.....	39
Ilustración 15. Curva Granulométrica “Santa Clara 1”	40
Ilustración 16. Curva Granulométrica “Santa Clara 2”	42
Ilustración 17. Curva Granulométrica “Arajuno”	43
Ilustración 18. Curva Granulométrica Diez de Agosto	45
Ilustración 19. Curva Granulométrica “Tierra Negra”	46
Ilustración 20. Ensayo in situ, Cinta de Barro.....	47
Ilustración 21. Suelo arcilloso tendido	51
Ilustración 22. Trituración de los suelos arcillosos	51
Ilustración 23. Tamizado de los suelos arcillosos triturados	52
Ilustración 24. Resultado de los materiales tamizados	52
Ilustración 25. Superficie Humedecida	53
Ilustración 26. Riego de aserrín en la superficie humedecida	54
Ilustración 27. Amasado del material	54
Ilustración 28. Reposo de la mezcla	55
Ilustración 29. Molde para los ladrillos	55
Ilustración 30. Preparación del terreno.....	56
Ilustración 31. Colocación de la mezcla en el molde	56
Ilustración 32. Relleno del molde.....	57
Ilustración 33. Enrasado de la mezcla en el molde.....	57
Ilustración 34. Retiro del molde	58
Ilustración 35. Ladrillos modelados	58
Ilustración 36. Apilamiento de los ladrillos	59
Ilustración 37. Ladrillos secos al aire libre a los 21 días.....	59
Ilustración 38. Base del horno	60
Ilustración 39. Ubicación de los ladrillos dentro del horno.....	60
Ilustración 40. Horno encendido	61
Ilustración 41. Proceso de enfriamiento	61
Ilustración 42. Ejecución del ensayo de la resistencia de la compresión de las probetas	64

Ilustración 43. Resultado de una de una de las probetas ensayadas	65
Ilustración 44. Ejecución del Ensayo a la Resistencia a la Flexión.....	67
Ilustración 45. Resultado de una de las probetas ensayadas.....	68
Ilustración 46. Balanza Electronic, capacidad máx. 7000 g.....	69
Ilustración 47. Registro de datos	72
Ilustración 48. Comparación de las probetas "Santa Clara 1" con la Norma NTE INEN 297.....	80
Ilustración 49. Comparación de las probetas "Santa Clara 2" con la Norma NTE INEN 297.....	80
Ilustración 50. Comparación de las probetas "Arajuno" con la Norma NTE INEN 297	81
Ilustración 51. Comparación de las probetas "Diez de Agosto" con la Norma NTE INEN 297	81
Ilustración 52. Comparación de las probetas "El Duro" con la Norma NTE INEN 297	82
Ilustración 53. Comparación de las probetas "Tirado" con la Norma NTE INEN 297	82
Ilustración 54. Comparación de las probetas "La Primavera" con la Norma NTE INEN 297.....	83
Ilustración 55. Comparación de los valores resultantes de los lotes con la Norma NTE INEN 297	84
Ilustración 56. Gráfico comparativo de los resultados de la resistencia a la Flexión de cada lote con la norma NTE INEN 297	87
Ilustración 57. Comparación de los promedios obtenidos con la norma NTE INEN 297.....	90
Ilustración 58. Correlación entre la Resistencia a la Compresión y el Módulo de Finura	94
Ilustración 59. Correlación entre la Resistencia a la Flexión y el Módulo de Finura	95
Ilustración 60. Correlación entre la Resistencia a la Compresión y el contenido de sílice (SiO ₂)	96
Ilustración 61. Correlación entre la Resistencia a la Flexión y el contenido de sílice (SiO ₂).....	97
Ilustración 62. Preparación de las probetas para los ensayos de Compresión y Absorción de Humedad.....	115
Ilustración 63. Codificación de las probetas.....	115
Ilustración 64. Toma de las medidas correspondientes de las probetas.	115
Ilustración 65. Toma del peso de las probetas.....	116
Ilustración 66. Probetas preparadas para ser transportadas al Laboratorio.	116
Ilustración 67. Máquina de Compresión "Controls" modelo: C78Z00, Capacidad máx.: 5000 KN.....	116
Ilustración 68. Colocación de las probetas en la Máquina de Compresión.....	117
Ilustración 69. Máquina de Flexión "Controls"	117
Ilustración 70. Ensayo de la determinación a la Flexión de una de las probetas....	117

RESUMEN

El presente proyecto experimental tiene como finalidad determinar las propiedades físicas mediante el ensayo de absorción de humedad y propiedades mecánicas por medio de los ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión de los ladrillos macizos artesanales, elaborando distintos lotes con algunos de los suelos arcillosos que se encuentran en la provincia de Pastaza.

Para llevarlo a cabo, se procedió a seleccionar tres localidades de la provincia de Pastaza y se tomó cuatro muestras de suelo arcilloso realizando en campo la prueba “Cinta de Barro”, además se realizaron ensayos de Granulometría para determinar su contenido de arcilla y ensayos químicos para determinar el porcentaje de sílice ya que este componente es uno de los componentes principales de la arcilla, una vez recolectados los suelos arcillosos fueron trasladados a la parroquia Cunchibamba provincia de Tungurahua, para la debida fabricación de los ladrillos macizos artesanales.

Además, se escogió probetas de tres ladrilleras artesanales ubicadas en la parroquia Cunchibamba e Izamba y en el Cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua.

Una vez sometidas las probetas a los ensayos de laboratorio se efectuó el procesamiento, análisis, interpretación de resultados y comparación de los valores obtenidos, determinando así las propiedades físicas y mecánicas de cada uno de los lotes.

Consecuentemente se obtuvo 80 ensayos, determinando como resultado que el suelo arcilloso de Santa Clara es efectivo, como aditivo a la mezcla tradicional que elaboran los artesanos en sus ladrilleras, ya que mejora de manera significativa la calidad de los productos finales.

Palabras clave: Ladrillos, arcilla, ladrilleras, ensayo a compresión, ensayo a flexión, ensayo a absorción de humedad, Tungurahua, Pastaza.

ABSTRACT

The purpose of this experimental project is to determine the physical properties by means of the moisture absorption test and mechanical properties by means of the compressive and flexural strength tests of the solid artisan bricks, elaborating different batches with some of the clay soils that they are in the province of Pastaza.

To carry it out, we proceeded to select three localities in the province of Pastaza and four clay soil samples were taken by carrying out the “Mud Tape” test in the field, in addition, Granulometry tests were carried out to determine its clay content and chemical tests To determine the percentage of silica since this component is one of the main components of clay, once the clay soils were collected, they were transferred to the Cunchibamba parish, Tungurahua province, for the proper manufacture of solid artisan bricks.

In addition, specimens were chosen from three artisan brick kilns located in the Cunchibamba and Izamba parish and in the Píllaro Canton of the Tungurahua province.

Once the specimens were subjected to laboratory tests, the processing, analysis, interpretation of results and comparison of the obtained values were carried out, thus determining the physical and mechanical properties of each of the batches.

Consequently, 80 tests were obtained, determining as a result that the clay soil of Santa Clara is effective, as an additive to the traditional mixture that artisans make in their brickyards, since it significantly improves the quality of the final products.

Keywords: Bricks, clay, brick, compression test, bending test, moisture absorption test, Tungurahua, Pastaza.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El ladrillo es uno de los materiales de construcción más antiguos usados por el ser humano, ha sido utilizado como un material de construcción imprescindible debido a sus maravillosas características. Muchas edificaciones de diferentes períodos históricos se beneficiaron de sus excelentes propiedades mecánicas. El uso del ladrillo como mampostería también se ha mantenido como tradición constructiva en muchos países de América del Sur. El estudio de su comportamiento estructural y resistencia continúa llamando la atención de muchos investigadores. [1]

En Ecuador, existe una cantidad considerable de ladrilleras artesanales en la región sierra, donde se elaboran los ladrillos macizos a mano, el proceso que aplican los artesanos para la fabricación de los ladrillos ha sido transmitido de generación en generación, es decir, el conocimiento es hereditario y ha sido afinado según experiencias a través del tiempo.

Se debe tomar en cuenta que, en la elaboración de los ladrillos, las técnicas y sobre todo la calidad varían de un lugar a otro, debido a distintos factores como la calidad de la materia prima, los procesos de selección, moldeo, secado y cocción que cada artesano utiliza. [2]

El objetivo de este proyecto investigativo es determinar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo macizo artesanal usando como parte de la materia prima muestras de arcillas tomadas de la Provincia de Pastaza mediante ensayos destructivos y no destructivos, además se realiza la comparación con ladrillos elaborados de tres ladrilleras convencionales y finalmente analizar los resultados, para así determinar la calidad del ladrillo y aportar datos referentes al sector de la construcción del Ecuador.

Para la realización de este trabajo de titulación se tomaron en cuenta las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN): NTE INEN 293, NTE INEN 294, NTE INEN 295, NTE INEN 296 y NTE INEN 297.

Este proyecto investigativo pretende mejorar la calidad del ladrillo para el sector de la construcción, ya que el Ecuador se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, además de poseer una enorme falla geológica por la subducción de la placa de Nazca [3], por lo tanto su actividad sísmica es alta, y al determinar el material adecuado con destacada capacidad de resistencia física y mecánica alcanzar el mayor beneficio con la finalidad de aportar al desarrollo de la construcción de viviendas a nivel social, beneficiando así a la parte más vulnerable de nuestro país.



Ilustración 1. Cinturón de Fuego del Pacífico

Fuente: IPLEIRIA

Adicionalmente, este proyecto podrá aportar datos de importancia que acrediten la selección de materia prima de la Amazonía para la elaboración de ladrillos artesanales y lograr proporcionar información en la implementación de la elección de materia prima en la elaboración de materiales de construcción de viviendas en el Ecuador.

Este trabajo experimental se verifica mediante ensayos destructivos y la comparación estadística, con el fin de plantear mejoras cuantitativas a los productores de ladrillos artesanales mejorando la calidad del producto, cumpliendo con la normativa NTE INEN 294 establecida en el país y, además, los artesanos tendrán mayor demanda en su producto, mejorando su estilo de vida y consiguiendo competir en el mercado cumpliendo con la normativa establecida en nuestro país.

MARCO TEÓRICO

1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1 Antecedentes

El ladrillo a lo largo de la historia ha sido usado para construcciones de albañilería y especialmente en la antigüedad, el ladrillo era propio de los sectores llanos, así como la piedra lo era de las regiones montañosas. La civilización mesopotámica fue la pionera en desarrollar la industria cerámica, pues surgió en terrenos aluviales entre el Tigris y el Éufrates, donde lo que más abundaba como materia prima era la arcilla y la arena. En Caldea se llamaba al primer mes del verano “mes del ladrillo”, al principio sus construcciones estaban hechas de adobe, que es la arcilla cruda y puesta a secar al sol, a esta mezcla se le añadía junquillo, paja y una gran porción de arena para evitar retracciones y agrietamientos durante el proceso de secado. [4]

Con el paso del tiempo se empezó a utilizar el ladrillo verdadero, pero como era más difícil y más costoso de obtener, se lo utilizaba solo en los revestimientos exteriores o envolventes y para construcciones de lujo. En Asiria, a pesar de que poseían canteras de piedra tenía más demanda el ladrillo por la facilidad de elaboración y por la influencia de la vecina Caldea. La técnica de construcción solía ser muy distinta a la actual porque los adobes se colocaban en obra todavía húmedos, y por presiones se unían de tal modo que hoy aparecen como masas homogéneas. Más que como construcciones aparejadas. [4]

En las ruinas de Babilonia y Nínive y otras ciudades, se han encontrado ladrillos comunes y además esmaltados de diversos colores, indica prácticamente las bondades de este material, que después de un número desconocido de siglos, aquellos no han sido destruidos por la mano del hombre y se encuentra en un estado de perfecta conservación.

Además, se sabe que los griegos construyeron con este material muchos de sus templos y palacios, al parecer los romanos empezaron a utilizarlo sólo en la época de los

emperadores, ya que los edificios anteriores son generalmente contruidos de piedra o de adobe mientras que son numerosas las construcciones de ladrillos a partir de esta época.

España tiene construcciones de la época de la dominación árabe como la Alhambra y el Museo de Córdoba cuyos muros son de ladrillo.

El uso del ladrillo en la edad media decayó mucho, limitándose a las construcciones de arcos y bóvedas, volviendo a tomar un nuevo impulso en la época del Renacimiento en la cual se comenzó a combinarlo en las murallas con la piedra.

En el siglo IX, es la época donde se inicia el mayor progreso de esta industria en Inglaterra, a partir de esta era, su empleo ha tomado un gran desarrollo en todo el mundo. [5]

Paralelamente, a la invención y al desarrollo de la fabricación del ladrillo en el “viejo mundo”, otras civilizaciones lejanas aprendían, por cuenta propia, las cualidades de la arcilla y a usarla en la construcción y en la decoración. [4]

En el Ecuador, en la Región Amazónica no hay ladrilleras existentes a diferencia de la Región Sierra donde el ladrillo es fabricado en algunas provincias siendo las principales Cotopaxi, Pichincha, Azuay, Chimborazo y Loja, la mayoría son manufacturados artesanalmente por lo que mantienen sus formas tradicionales de fabricar los ladrillos, es decir, que la dosificación de las materias primas y la cocción no son exactas durante este proceso, además por falta de conocimiento por parte de los artesanos de los requisitos de la normativa INEN los ladrillos no son expuestos a ensayos, sin embargo, son parte de las construcciones sin saber si son aptos o no para este propósito.

En la provincia de Tungurahua existen varios puntos de fabricación de ladrillo artesanal, como en: Izamba parroquia del Cantón Ambato, Cunchibamba parroquia del Cantón Ambato, Pasa parroquia del Cantón Ambato y en el Cantón Píllaro, en las ladrilleras artesanales se suelen realizar de 3 a 4 quemas al año dependiendo de la

demanda del ladrillo y algunos de sus artesanos no se dedican únicamente a esta actividad, sino que además son agricultores.

Se debe tomar en cuenta que el perfeccionamiento de la industria ladrillera, por lo mismo que es tan simple su fabricación, es sumamente lento ya que todavía su elaboración en su mayor parte es prácticamente lo mismo que en los primeros tiempos. [5]

Normalmente, en las ladrilleras artesanales, en el proceso de amasado del barro se hacía con peones; éstos se reemplazaron por diversos animales y ahora se lo realiza con pala y azadón; el modelado y secamiento se realiza colocando sucesivamente el molde con la masa de barro necesaria para formar el ladrillo en una cancha preparada, dejando tendidos allí todos los ladrillos moldeados para que la evaporación natural los seque y proceder al apilamiento, para posteriormente realizar la cocción. [5]

1.2 Justificación

Al encontrar la materia prima para construcción en estado natural, por lo general se necesita industrializarlos para que de esta forma se obtengan mayores ventajas.

Un claro ejemplo de ello es la piedra que es de reconocida utilidad y uno de los materiales más hermosos que nos ofrece la naturaleza, sin embargo no suele ser fácil de obtener y por regla general su elaboración es complicada; otro material es la madera la cual se deteriora y se desagregan sus fibras con el transcurso del tiempo; el hierro se oxida y aplicando diferencias de temperaturas y otras causas lo destruyen igualmente; mientras que el ladrillo producto de la industria humana tiene las ventajas de ser más durable, de apropiación y elaboración más sencilla y la facilidad de fabricarlos en cantidades exuberantes en todos los lugares y países. Es uno de los productos más empleados generalmente ya que una de sus ventajas es el hecho que puede reemplazar a todos los otros. [5]

El ladrillo es el material de construcción más antiguo fabricado por el hombre. En los primeros tiempos se comenzó elaborándolo en su forma cruda, que es el adobe. Su

difusión se debió a que el hombre le dio un tamaño de modo que se acomodaba a su mano y para hacerlo recurrió a materias primas accesibles, que se pueden encontrar casi en cualquier parte. [6]

El ladrillo es un material de construcción de arcilla moldeada y secada al sol – ladrillo crudo – a cocida en el horno, empleada en la antigüedad en los países desprovistos de piedra de construcción, los asirios emplearon el ladrillo sin cocer; los romanos y los bizantinos, el cocido. [7]

Un ladrillo es una pieza de construcción, generalmente cerámica y de forma rectangular, están hechos de barro, arcilla o material cerámico que posteriormente es cocido o secado. Este noble material de construcción reúne una serie de factores que van encaminados a la protección del hombre como son la resistencia a la compresión, baja conductividad térmica, aislante acústico, absorción de agua, resistencia al fuego y durabilidad. [8]

Lejos de señalar al ladrillo como una simple misión de relleno y protección contra la intemperie, cada día es más frecuente construir con ladrillos resistentes, es decir, sin armadura, obras de cinco plantas o incluso más. De este modo es como se utilizan íntegramente todas las cualidades del ladrillo [9]:

- Resistencia mecánica;
- Aislamiento térmico y acústico;
- Protección contra la intemperie;
- Se emplea muy poca energía en la construcción;
- Bajo costo;
- Buena resistencia a la compresión.

Esta investigación se dedicará, a la elaboración de ladrillos macizos artesanales tipo C, usando como materia prima suelos arcillosos recolectados en la Provincia de

Pastaza, estos suelos serán sometidos a ensayos para la determinación de la granulometría y ensayos químicos para la determinación de sílice (SiO_2) que es uno de los componentes predominantes de la arcilla; los ladrillos luego de su proceso de fabricación se someterán a ensayos destructivos para determinar las propiedades físicas y mecánicas.

Para la fabricación de ladrillos, lo primero es seleccionar la materia prima a utilizar. Siendo el más común para construir ladrillos la arcilla, la cual está compuesta de sílice (SiO_2), alúmina, agua, óxido de hierro y otros materiales alcalinos. Luego de seleccionar el suelo arcilloso y verificar su contenido de arcilla, ésta es sometida a la maduración, que corresponde a procesos de trituración, homogenización y reposo; para darle la consistencia necesaria y la purificación química y biológica. Luego, la arcilla almacenada hasta homogeneizarse. [9]

Después de sacarla y laminarla nuevamente, se mezcla con agua hasta tener la humedad necesaria. Viene entonces el proceso de moldeo que se realiza con calor y presión, después una delicada etapa de secado, para eliminar el agua restante. Luego, se cuecen las piezas en hornos simples abiertos con temperaturas de hasta $1000\text{ }^\circ\text{C}$. [9]

Finalmente, los ladrillos son almacenados hasta cuando sean transportados en camiones. [9]

El Ecuador cuenta con grandes yacimientos de arcilla, lastimosamente esta arcilla no es de la calidad necesaria para la explotación debido a su alto contenido de impurezas. Los principales yacimientos se encuentran en el Oriente: en la Parroquia Limón Indanza Provincia de Morona Santiago, Cantón Puyo Provincia de Pastaza, en la Parroquia de Sinincay Provincia de Azuay, otros yacimientos en el cantón Santa Rosa Provincia de El Oro, en el cantón Portovelo Provincia de El Oro, al igual que en las Provincias de Cotopaxi y Cañar. [10]

El propósito de este proyecto experimental, es elaborar ladrillos macizos artesanales con cuatro muestras de suelos arcillosos tomados en la Provincia de Pastaza, ya que el suelo presenta características propias de la arcilla como la plasticidad que demuestra

al ser mezclado con agua, formando así una pasta fácilmente manejable y moldeable, y se puede comprobar esto al realizar el ensayo in situ llamado “Cinta de Barro” presentando longitudes que varían entre 13 cm y 19.5 cm, lo que quiere decir que el suelo tiene un contenido de arcilla de moderado a alto, además el suelo presenta tonos blancos, grises y rojizos, y finalmente tomando en cuenta que las condiciones del clima en la Amazonía es extremadamente lluvioso, con precipitaciones medias anuales que oscilan entre 2500 a 4000 mm durante todo el año y una humedad relativa cercana al 80% [11], logrando verificar a simple vista que el suelo retiene agua.

En la región Amazónica del Ecuador existen yacimientos importantes de suelos arcillosos, sin embargo no se lleva a cabo la fabricación de ladrillos, es decir, no existen ladrilleras de ningún tipo ni artesanales, ni semi-industriales, la gran mayoría de ladrilleras artesanales están ubicadas en la Región Sierra del Ecuador, de manera que para los habitantes de la provincia de Pastaza y en sí de toda la región, el conseguir el ladrillo requiere un costo más de inversión ya que debe ser trasladado de la Región Sierra hasta la Amazonía, el costo adicional sería en el transporte del producto, por esta razón el ladrillo macizo tipo C, no es tan cotizado en la Amazonía como en la Sierra para la construcción de viviendas sino el más empleado es el ladrillo “visto”.

En la fabricación de los ladrillos artesanales tradicionales no ha habido cambios significativos a través del tiempo, en la manera de su producción, la materia prima como la “tierra negra” y el barro son extraídos de los terrenos que poseen los artesanos, de manera que los resultados en el producto final han sido experimentos, y al finalizar el proceso de elaboración los artesanos parten el ladrillo, probando su dureza, color, en algunos casos los ladrillos presentan corazón negro y éstos son desechados, en cada quema prueban con materia prima extraída de distintos puntos de sus terrenos y comparan cual es la más apta para que los ladrillos resulten con más dureza, y a partir de esto siguen fabricando con esa materia prima que aparentemente les dio mejores resultados, pero en sí no hay control de calidad ni se ejecutan ensayos para determinar la calidad de los ladrillos, de manera que no pueden competir cumpliendo la normativa INEN que rige en nuestro país, además la dosificación de los agregados varían entre

una y otra parada pues no se usan cantidades exactas por lo tanto, las características físicas y mecánicas de los ladrillos se ven afectadas; en busca de solucionar éstos puntos expuestos, se pretende mejorar la calidad de los ladrillos elaborados artesanalmente, comparando mediante ensayos destructivos dos tipos de ladrillos:

1. Los ladrillos elaborados entre el suelo arcilloso recolectado de la provincia de Pastaza y la “tierra negra” de la provincia de Tungurahua que usualmente se usa para la fabricación de los ladrillos.
2. Los ladrillos que se comercializan comúnmente de tres ladrilleras ubicadas en la Provincia de Tungurahua siendo dos en el cantón Ambato y una en el Cantón Píllaro.

Todo esto se va a realizar para beneficio del sector de la construcción, definiendo la materia prima idónea con mayor ventaja en capacidad de resistencia física y mecánica que alcance el mayor beneficio, con el fin de aportar al desarrollo de la edificación de viviendas a nivel social, brindando bienestar, comodidad y sobre todo seguridad a la población ya que el Ecuador posee una actividad sísmica alta al encontrarse en el Cinturón de Fuego del Pacífico.

Además, este trabajo de titulación pretende brindar información de relevancia que apruebe la selección de materia prima de la Amazonía para la fabricación de ladrillos artesanales y proporcionar datos en la implementación de la selección de materia prima en la fabricación de materiales de construcción de viviendas en el Ecuador.

Para la realización de este trabajo de titulación se toma en cuenta las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), de la siguiente manera:

En la elaboración de los ladrillos se toma como referencia la norma NTE INEN 293, donde tiene por objeto establecer la clasificación, definiciones y condiciones generales de uso de los ladrillos cerámicos empleados en la construcción y en la norma NTE INEN 297, donde se establecen los requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos empleados en la construcción. En este proyecto experimental para la

obtención del ladrillo macizo tipo C artesanal se usaron los mismos agregados con los que fabrica el artesano normalmente, con las excepciones que, en lugar de la “tierra negra”, se reemplazaron dos partes del suelo arcilloso recolectado y una parte de “tierra negra”, se disminuyó el resto de agregados y se concluyó efectuando el proceso de elaboración del ladrillo.

El muestreo de ladrillos cerámicos está basado en la norma NTE INEN 292. Se aplicaron dos tipos de ensayos siendo dos ensayos mecánicos y un ensayo físico, para la ejecución de los ensayos mecánicos de los ladrillos cerámicos, se hace referencia en la norma NTE INEN 294, donde se establece el método para determinar la resistencia a la compresión y NTE INEN 295 donde se establece el método para determinar la resistencia a la flexión y en cuanto al ensayo físico la norma a usar es la NTE INEN 296, donde se establece el método para determinar la absorción de la humedad.

En adición, se lleva a cabo los ensayos para la determinación de la granulometría según las normas AASHTO T – 87 – 70 y AASHTO T – 88 – 70, ASTM D – 421 – 58 y D422-63 [12] y ensayos químicos para la determinación de sílice (SiO_2) de cada uno de los suelos usados en este trabajo.

1.3 Fundamentación Teórica

1.3.1 Tierra Negra

Los artesanos le llaman “tierra negra” al suelo que es utilizado para la elaboración de ladrillos macizos, por lo tanto, en la presente tesis también se usará este término como referencia a este tipo de suelo. La “tierra negra” se escoge y recolecta del terreno que dispongan los artesanos y mediante conocimientos empíricos verifican el contenido de barro.



Ilustración 2. Tierra Negra

Fuente: Johanna Alexandra Romero Coyago

1.3.2 Arcilla

Según Valdez, 1994. Las arcillas son materiales inorgánicos, no metálicos de formación sedimentaria que tienen en común una estructura constituida por planos superpuestos y que con el agua forman sistemas arcilla-agua con mayor o menor plasticidad y que al ser cocido a alta temperatura adquieren dureza y durabilidad volviéndose indestructible. [13]

Además, al decir que forman sistema arcilla-agua se está dando la clave del comportamiento de la arcilla, ya que sin agua no adquiere aquellas sus propiedades que son únicas, el agua es un líquido que parece sencillo, pero en realidad es muy complejo y mucho de sus propiedades aún no están explicadas. [13]



Ilustración 3. Arcilla

Fuente: Johanna Alexandra Romero Coyago

1.3.2.1 Generalidades

Arcilla se les nombra a las sustancias generalmente terrosas que tienen la propiedad de formar una pasta dúctil cuando están húmedas, y adquirir la consistencia pétrea cuando se les somete a la cocción, de tal manera que pierden la propiedad de ablandarse al mezclarse con el agua. [14]

1.3.3 Tipos de Arcillas

Según la naturaleza de la arcilla existen dos tipos [15]:

- Según la plasticidad
- Según su fusibilidad

1.3.3.1 Según su plasticidad

Arcillas plásticas: son fácilmente moldeables puesto que, se hacen una pasta manejable al combinarse con agua.

Arcillas anti-plásticas: la pasta moldeada al exponerse a altas temperaturas se vuelve vitreo. [15]

1.3.3.2. Según su fusibilidad

Las arcillas según su fusibilidad se clasifican en [15]:

- Arcillas refractarias
- Arcillas y caolines cuyo punto de fusión está comprendido entre 1600 y 1750°C.

Los colores característicos de estas arcillas son blancos, grises y poco coloreadas después del proceso de cocción.

Arcillas fusibles o arcillas de alfarería [15]:

Los colores característicos de estas arcillas son castaño, ocre, amarillo o marfil después de ser cocidos y por lo general se hallan cerca de la superficie del suelo, además estas arcillas tienen su punto de fusión por encima de los 1100°C.

1.3.4 Propiedades de la arcilla

De acuerdo con Rhodes 1990, las arcillas poseen las siguientes propiedades [15]:

- Tamaño de la partícula
- Plasticidad
- Merma
- Refratariedad
- Porosidad
- Color

1.3.4.1 Tamaño de la partícula

Lo que predomina en la plasticidad de la partícula es la estructura laminar y el tamaño inferior a la micra del ápice de los minerales arcillosos, dado que se forma un proceso físico de absorción con incremento de volumen hasta un 200%, el cual actúa como lubricante ocasionando que los ápices resbalen entre sí. [15]



Ilustración 4. Incremento de volumen de la arcilla

Fuente: secs.com

1.3.4.2 Plasticidad

Al mezclar un porcentaje de agua con arcilla, se forma una masa manejable y moldeable, de manera que es posible modelar una figura.

Hay que tener en cuenta la cantidad de agua que se agrega puesto que al incrementar la plasticidad produce [15]:

- Mayor ductilidad del producto.
- Mayor retención de líquido, es decir, el incremento de la contracción de secado y por lo tanto el incremento de la aparición de grietas.



Ilustración 5. Arcilla con agua y moldeada

Fuente: Johanna Alexandra Romero Coyago

1.3.4.3 Merma

Al desvanecerse el agua que contiene la masa ocasiona la contracción o merma mientras dura el proceso de secado. [15]



Ilustración 6. Contracción de la arcilla por el secado

Fuente: Johanna Alexandra Romero Coyago

1.3.4.4 Refractoriedad

Absolutamente todas las arcillas soportan el acrecentamiento de las temperaturas, o sea, son refractarias, además, no sufren variaciones, cabe recalcar que cada tipo de

arcilla tiene su temperatura de cocción. [15]



Ilustración 7. Cocción de la arcilla

Fuente: Pixabay.com

1.3.4.5 Porosidad

La porosidad depende de la resistencia que el producto cerámico presente posterior a su cocción, la cantidad de poros se diferencia del tipo de arcilla, las que más poros presentan son las que se cuecen a baja temperatura ya que tienen más probabilidades de absorción. [15]



Ilustración 8. Porosidad del ladrillo después de la cocción.

Fuente: Pixabay.com

1.3.4.6 Color

El color se da debido a la presencia de óxido de hierro y carbonato cálcico, se manifiesta después de la cocción. [15]



Ilustración 9. Coloración después de la cocción de la arcilla

Fuente: Johanna Alexandra Romero Coyago

1.4 Ladrillo

De acuerdo con la NTE INEN 0293 (1978), se define como una pieza de arcilla moldeada y cocida, en forma de paralelepípedo o prisma regular, que se emplea en albañilería.

El ladrillo es un material utilizado en la construcción, fabricado de arcilla o tierra arcillosa, a veces con adición de otros materiales. De suficiente plasticidad o consistencia para que puedan tomar forma permanente y secarse sin presentar grietas, nódulos o deformaciones. [15]

Los ladrillos se elaboran teniendo como final del proceso la cocción al rojo, a una temperatura mínima de 800°C. Al culminar este proceso, deben tener una masa homogénea de resistencia uniforme. Deben tener un color rojizo y, cuando se golpea debe emitir un sonido metálico. [15]

1.4.1 Partes de un ladrillo

Según Deleg, 2010, el ladrillo es una pieza cerámica de forma rectangular pero también se fabrican una gran variedad de formas y tamaños:

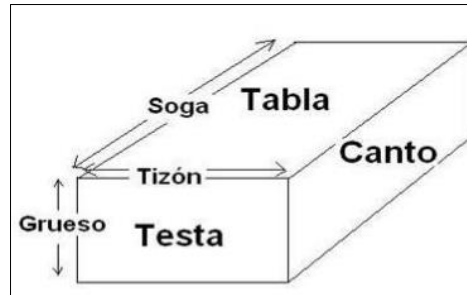


Ilustración 10. Partes de un ladrillo.

Fuente: Deleg, 2010

Terminología de las Aristas [15]:

- Soga: arista mayor
- Grueso: arista menor
- Tizón: arista media

Terminología de las Caras [15]:

- Tabla: cara mayor
- Testa: cara menor
- Canto: cara media

1.4.2 Propiedades de los ladrillos

Las principales propiedades de los ladrillos deben ser comprendidas en su relación como el producto terminado, que es la albañilería.

Se pueden dividir en dos categorías principales [16]:

1.4.2.1 Propiedades físicas con relación a la estética del material:

- Color: Este depende de su composición química de la materia prima y de la intensidad del quemado. De todos los óxidos comúnmente encontrados en las arcillas, el hierro

tiene el mayor efecto sobre el color.

- Textura: Es el efecto en la superficie o la apariencia que presenta la unidad como resultado de la forma de elaboración (Somayaji, 2001). [16]

1.4.2.2 Propiedades ingenieriles: Algunas propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcillas son las siguientes (Gallegos, 2005) [16]:

Relacionadas con la resistencia estructural [16]:

- Resistencia a la compresión: Es la propiedad mecánica que le permite al ladrillo soportar una fuerza aplicada a compresión.

- Variabilidad dimensional con relación a la unidad nominal, o mejor con relación a la unidad promedio y, principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad.

- Alabeos, medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento.

- Succión o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento.

Relacionadas con la durabilidad [16]:

- Absorción: Propiedad física que hace referencia a la capacidad de retener una sustancia (agua) en estado líquido.

- Resistencia a la congelación: Capacidad de los ladrillos de soportar bajas temperaturas sin perder sus propiedades ni sufrir fracturas.

- Resistencia al fuego: Propiedad física de los ladrillos que consiste en soportar altas temperaturas sin sufrir daños.

- Aislamiento térmico: Propiedad física que no permite la transferencia de calor, ya que tiene una baja conductividad térmica

1.4.3 Clasificación de los ladrillos

De acuerdo con la NTE INEN 0293 (1978), los clasifica de la siguiente forma [17]:

Ladrillo común (mambrón): Es el ladrillo moldeado a mano

Ladrillo de máquina: Es el ladrillo moldeado mecánicamente y en producción continua.

Ladrillo reprensado: Es el ladrillo que se prensa entre el moldeo y la cochura.

Ladrillo macizo: Es el ladrillo fabricado a mano o a máquina sin perforaciones en su interior o con perforaciones celulares que pueden llegar hasta el 20% de su volumen.

Ladrillo hueco: Es el ladrillo fabricado a máquina con perforaciones en su interior, que pasan del 20% de su volumen.

1.4.4 Condiciones Generales

De acuerdo con la NTE INEN 0293 (1978), explica los siguientes conceptos:

1.4.4.1 Materia prima

Los ladrillos deben fabricarse de arcilla o tierra arcillosa, a veces con adición de otros materiales, de suficiente plasticidad o consistencia para que puedan tomar forma permanente y secarse sin presentar grietas, nódulos o deformaciones. No deben contener material que pueda causar eflorescencia de carácter destructivo o manchas permanentes en el acabado. (NTE INEN 0293, 1978). [17]

En este trabajo se va a realizar un análisis de la materia prima en cuanto a:

1.4.4.1.1 Ensayo de Granulometría

La granulometría tiene como referencias la norma AASHTO T – 87 – 70 (preparación de la muestra) y AASHTO T – 88 – 70 (procedimiento de la prueba), ASTM D – 421 – 58 y D422-63, la granulometría se realiza por el método del tamizado el cual consiste

en clasificar partículas de una muestra en un juego de tamices, uno debajo del otro con una sucesión de reducción en la malla de cada tamiz, para efectuar este ensayo la muestra debe estar totalmente seca. [12]

1.4.4.1.1 Módulo de Finura

El módulo de Finura, también llamado módulo o módulo de fineza es un índice que se usa para la clasificación de los agregados en función de su granulometría. [18]

Es el resultado de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices #100, #50, #30, #16, #8, #4, #3/8, #3/4, etc. dividido para 100 según la ASTM C125. [18]

La ecuación para el cálculo del módulo de finura es [19]:

$$MF = \frac{\Sigma \text{Retenidos acumulados (\%)}}{100}$$

Para la arena, el módulo de finura debe oscilar entre 2.3 y 3.1, ahora si el valor resultante es menor que 2.3 es un agregado fino y si es mayor que 3.1 es un agregado grueso [19].

Este módulo muestra la dimensión media de un suelo, mientras más alto sea el valor del módulo de finura su dimensión es mayor. [18]

1.4.4.1.2 Verificación del contenido de arcilla de las muestras

Para llevar a cabo este procedimiento se añade agua limpia hasta formar una pasta modelable, de manera que forme un cilindro de 12 mm de diámetro y se elabora cintas con cada uno de los suelos arcillosos hasta que su diámetro sea de 4 mm de espesor. Se establece el resultado según el largo de la cinta: cuando la cinta mide entre 20 cm y 25 cm el suelo es muy arcilloso y si tiene 10 cm o menos existe poco contenido de arcilla [20].

1.4.4.1.3 Análisis Químico

Toda arcilla tiene como componente la arcilla pura que es cohesivo en la mezcla formada para la fabricación del ladrillo. A su vez la arcilla pura está compuesta del 47% de sílice, 39% de alúmina y un 14% de agua. [21]

Debido a que los silicatos son los componentes principales de las arcillas, [21] en este proyecto se analizará la cantidad de sílice (SiO_2) de los suelos arcillosos recolectados en la provincia de Pastaza y de la “tierra negra” de la provincia de Tungurahua.

El procedimiento se lleva a cabo mediante el método Gravimétrico para la determinación del porcentaje de sílice (SiO_2), en el cual se ejecutan los siguientes pasos [22]:

- Tomar 1 gramo de la muestra.
- Realizar el peso cuantitativo, el cual es el peso exacto en una balanza analítica que es usada para medir masas sumamente pequeñas.
- Colocar crisoles de porcelana durante 12 horas.
- Añadir una mezcla de ácidos, HNO_3 , H_2SO_4 y HClO_4 61%, en la porción de la muestra.
- Realizar la digestión en una plancha con campana de extracción a una temperatura de 300°C , por una hora. La muestra se digesta hasta que torne de un color claro.
- Retirar de la plancha y enfriar a temperatura ambiente.
- Aforar a 50 ml con agua destilada.
- Filtrar en un papel Whatman 42 libre de cenizas.
- Colocar los filtros en crisoles de porcelana, previamente pesados.
- Colocar en la estufa a 80°C durante 2 horas.

- Colocar en la mufla a 550°C por 2 horas.
- Enfriar en el desecador durante 12 horas.
- Pesar en la balanza analítica.
- Realizar los cálculos respectivos para obtener el porcentaje de Sílice (SiO₂).

1.4.4.2 Fabricación

Los ladrillos se fabrican por el procedimiento de cocción al rojo, a una temperatura mínima de 800°C. Una vez cocidos, deben tener una masa homogénea de resistencia uniforme. Deben tener un color rojizo y, cuando se golpean con un material duro, deben emitir un sonido metálico. (NTE INEN 0293, 1978). [17]

1.4.4.3 Dimensiones y tolerancias

- En las construcciones proyectadas según el sistema de coordinación modular, se aplicarán las disposiciones de la Norma INEN 317. Coordinación Modular de la construcción. Dimensiones modulares de ladrillos cerámicos. [17]
- En los casos en que no se aplique la coordinación modular de la construcción, se usarán las dimensiones especificadas en la tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones de ladrillos en cm

Tipo de ladrillo	Largo (l)	Ancho (a)	Alto (h)
Común De máquina	39	19	9
	39	19	9
	29	14	9
Reprensado	29	19	9
	29	14	9
Hueco	29	19	19
	29	19	14
	29	19	9

Fuente: NTE INEN 293, 1977

- Por convenio entre el proveedor y el comprador, podrán fabricarse y utilizarse ladrillos de un alto h igual a 7 cm.

- Los ladrillos de un mismo tipo deben tener dimensiones uniformes. No se permitirán en ellas una variación mayor del 4%. [17]

1.5 Proceso de Fabricación del Ladrillo

La elaboración del ladrillo depende directamente del tipo de arcilla que se utilice para definir su calidad, la arcilla debe ser libre de impurezas es decir de materia orgánica, la mezcla debe ser homogénea y debe presentar propiedades plásticas para prevenir que se agriete durante la etapa de secado. [15]

Según Zea, 2005, el proceso de fabricación del ladrillo consta de varias fases:

1.5.1 Proceso Fabricación del ladrillo artesanal

De acuerdo a Zea, 2005, el proceso del ladrillo el cual es puesto en práctica por años, trasladado y enseñado de generación en generación las técnicas empleadas en la elaboración del ladrillo son empíricos, basados en la experiencia de los artesanos. El proceso de elaboración está conformado por las siguientes fases:

1.5.1.1 Extracción del material

Esta es la primera fase del proceso de elaboración, es extraída de los bancos de arcilla, por medio de piochas, azadón o pala; lo siguiente es transportarla a las fábricas artesanales, donde la arcilla es almacenada en su lugar de acopio por medio de carretillas. En el costo de ladrillo como producto final influye tanto la localización y ubicación de los campos de materiales como la calidad de arcilla. (Zea, 2005). [15]

1.5.1.2 Tratamiento del material

Tras la extracción del material, este es tratado según el estado del tiempo. Se presentan distintas condiciones climatológicas, es decir, invierno y verano, se recolecta la arcilla

y es guardada a la intemperie en las fábricas artesanales, (Zea, 2005). [15]

1.5.1.3 Amasado

Esta operación consiste en colocar cantidades pequeñas de materia prima: arcilla, greda y arena, se las humedece sobre una superficie plana y espaciosa al aire libre, a continuación, el artesano lleva a cabo un amasado continuo. En esta fase se eliminan cuerpos extraños y puede durar horas, el objetivo es dar flexibilidad y homogeneidad a la mezcla. (Zea, 2005). [15]

1.5.1.4 Reposo o Madurado

En esta etapa, se le da tiempo al reposo de la mezcla el cual es de aproximadamente de 10 a 15 horas, la finalidad es tenga mejor trabajabilidad al perder agua de manera natural. (Zea, 2005). [15]

1.5.1.5 Moldeado

Los artesanos en esta fase, toman un volumen de la mezcla preparada y la colocan en un molde paralelepípedo, a continuación, presionan con los puños con el fin de llenar los espacios vacíos, es recubierta por una fina capa de aserrín para evitar q se pegue. Se enrasa con un trozo de madera o con la mano la pasta sobrante y se retira el molde sin deshacer el ladrillo. (Zea, 2005). [15]

1.5.1.6 Secado

Según con Robusté, 1969 citado en Barranzuela, 2014 este paso de la elaboración es uno de los más delicados, ya que al secarse muy rápido se pueden resquebrajar y al secarse incompletamente puede impedir un buen cocido.

Luego de moldear los ladrillos son puestos a secar al aire libre, pero se ve afectada por las condiciones climáticas. Esta fase de secado se la lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Los ladrillos que han sido formados recientemente se los dejan reposar bajo techo para que se sequen al medio ambiente hasta que sean manipulables,

consiguiente a esto existe una etapa intermedia que es el eliminar los excesos de masa o de ciertas formaciones, a esto se le llama raspado.

2. Después del raspado a los ladrillos, se les deja reposar hasta que se sequen totalmente para poder apilarlos de tal manera que exista una buena circulación de aire entre ellos. [15]

1.5.1.7 Cocción

Esta es la última etapa que pertenece a la fabricación de ladrillos, el producto debe ser cocido a temperaturas mayores de 850°C, los componentes granulares que se habían añadido a la masa arcillosa desaparecen sin dejar residuo y se logra una porosidad controlada y homogénea repartida en toda la mezcla del ladrillo. Para lograr la optimización del proceso de cocción y evitar la aparición de efectos que durante el mismo pudieran producirse, es necesario conocer perfectamente las reacciones que tienen lugar en el producto (absorción y desprendimiento de calor, desprendimiento de gases, dilatación y contracciones, etc.) Barranzuela (2014).

Para realizar una buena cocción se debe tomar en cuenta que existen determinados intervalos de temperatura en los que se originan fuertes contracciones o dilataciones del material. Estas zonas son críticas pues se producen las fisuras de precalentamiento, cocción y enfriamiento. Barranzuela (2014). [15]

El horno es el elemento más importante de la ladrillera, los más utilizados actualmente son hornos artesanales a cielo abierto de diferentes geometrías ya que pueden ser cuadrados o circulares y contruidos de ladrillos ladrillo común, por lo general su capacidad es de 4000 a 20000 ladrillos. [23]

1.6 Ensayos en los Ladrillos Cerámicos

De acuerdo al NTE INEN 297 (1976): Los ladrillos cerámicos se clasifican en macizos y huecos, entonces, los ladrillos macizos se clasifican, de acuerdo a su calidad, en tres tipos: tipo A, tipo B y tipo C.

El tipo C, será semejante al tipo B, diferenciándose de él en que se puede, además ser fabricado a mano y tener imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 8mm. [24]

De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos deberán cumplir con los requisitos de la tabla:

Tabla 2. Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos

Tipo de ladrillo	Resistencia mínima a la Compresión Mpa*		Resistencia mínima a la Flexión Mpa*	Absorción máxima de humedad %
	Promedio de 5 unidades	Individual	Promedio de 5 unidades	Promedio de 5 unidades
Macizo Tipo A	25	20	4	16
Macizo Tipo B	16	14	3	18
Macizo Tipo C	8	6	2	25
Macizo Tipo D	6	5	4	16
Macizo Tipo E	4	4	3	18
Macizo Tipo F	3	3	2	25
Método de Ensayo	INEN 294		INEN 295	INEN 296

Fuente: NTE INEN 297, 1976

1.6.1 Ensayos Mecánicos

Se considera ensayos mecánicos a la determinación de la resistencia a la compresión y a la determinación a la resistencia a la flexión, se fundamenta en la aplicación de una carga progresiva suministrada por una máquina electro-hidráulica. La aplicación de la carga depende del ensayo que va a ser realizado. [25]

1.6.1.1 Ensayo para la determinación de la resistencia a la Compresión

En el ensayo para la determinación de la compresión, es recurrente entender que la resistencia a la compresión de una probeta es el máximo esfuerzo que este rinde cuando se aplica una fuerza normal, dando como consecuencia una deformación constituida

por una contracción longitudinal y un ensanchamiento transversal. [25]

Este ensayo es uno de los más generales para determinar la calidad de componentes de mampostería en la construcción. Según Crouch, Brogdon, Henderson, & Lanham, afirman que para la caracterización de materiales de construcción es propicio empezar con el análisis de las propiedades mecánicas, ya que como base de su investigación es la de las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal. [25]

Actualmente el Ecuador no cuenta con una norma que sea puntualmente para la aplicación en la mampostería artesanal, a pesar de ello en los registros ecuatorianos de normalización INEN existen la norma NTE INEN 294, 1978, que es una de la que se va a usar y aplicar para esta investigación. [25]

La NTE INEN 294, 1978 se usa para los ladrillos cerámicos fabricados en arcilla moldeada y cocido. La máquina de compresión debe estar provista de plato con rótula de segmento esférico, siempre que las superficies de contacto de los apoyos sean iguales o mayores que las muestras de prueba. [26]

Las probetas a utilizarse consisten en mitades de ladrillos con caras planas y paralelas, obtenidas de cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables, cortados mediante herramientas adecuadas, para evitar que se deterioren las aristas. Además, las probetas a ensayar deben estar centradas con respecto a la rótula y de manera que la carga se aplique en la dirección de su menor dimensión y hay que tomar en cuenta que aproximadamente hasta la mitad de la carga máxima probable, se aplica ésta a cualquier velocidad. La carga restante se aplica gradualmente, en un tiempo no inferior a un minuto ni superior a dos. [26]

Finalmente se realiza el cálculo pertinente, y el promedio de los valores obtenidos en cinco muestras representa la resistencia a la compresión del lote de ladrillos sometidos a ensayo. [26]

1.6.1.2. Ensayo para la determinación de la resistencia a la Flexión

Para llevar a cabo el ensayo para la determinación de la resistencia a la flexión, se debe tener presente que se fundamenta en la aplicación de una carga vertical progresiva, dispuesta sobre una probeta situada horizontalmente sobre dos apoyos separados en cada extremo, hasta llegar a la rotura de la probeta. Según Ruiz Miguel y Diaz Elena (2003), este ensayo se normalmente para materiales frágiles. [25]

Para llevar a cabo este proyecto, se aplicará la norma NTE INEN 295, 1978, se usa para los ladrillos cerámicos fabricados en arcilla moldeada y cocido, esta norma indica que se puede emplear cualquier máquina de las usadas para ensayos de flexión, siempre que los apoyos tengan una longitud por lo menos igual al ancho de la muestra de prueba y aseguren su contacto total y permanente con la misma. [27]

Las probetas deben estar colocadas con su cara mayor sobre los apoyos, asegurando una separación de 15cm entre éstos. Hacer descender la pieza superior hasta obtener un contacto directo con la superficie en el centro de la luz, la velocidad de aplicación de la carga será tal que el cabezal de la máquina no avance más de 1,5 mm por minuto. [27]

Se debe realizar el respectivo cálculo y el promedio de los valores obtenidos en cinco probetas representa la resistencia a la flexión del lote de ladrillos sometidos a ensayo. [27]

1.6.2 Ensayo Físico

1.6.2.1 Ensayo de la determinación de la Absorción de la humedad

La norma INEN a aplicar es este proyecto, es la NTE INEN 296, comprende los ladrillos cerámicos fabricados de arcilla moldeada y cocida. El procedimiento se fundamenta en la determinación de las masas de una muestra de ladrillo antes y después de ser sumergida en agua, estableciéndose la diferencia entre las dos masas como base para conocer el valor de la absorción de la humedad. [28]

Las probetas a ensayar consistirán en el número de ladrillos de acuerdo a la tabla 1 de la NTE INEN 292, que se desecarán en estufa a 110 °C hasta obtener una masa constante. Luego, se enfriarán a la temperatura ambiente y se volverán a pesar. Si se observa un aumento de masa mayor del 1 %, se repetirá la operación. [28]

Una vez preparadas las probetas y anotada su masa constante, sumergirlas en agua destilada a una temperatura de 15 °C a 30 °C durante 24 horas. Al sacar las probetas del agua, secarlas con una toalla húmeda antes de pesarlas. La pesada de cada muestra debe concluirse antes de cinco minutos de sacada del agua. [28]

Realizar el debido cálculo y el promedio de los valores de absorción obtenidos en cinco muestras representa el porcentaje de absorción de humedad del lote de ladrillos inspeccionado. [28]

1.7 HIPÓTESIS

- Para determinar el contenido de arcilla de los suelos recolectados de los cantones y parroquia, de la provincia de Pastaza, se lleva a cabo la prueba “Cinta de barro” según la norma Peruana E. 080 [20] , dichas localidades son: Santa Clara, Arajuno y Diez de Agosto. Los suelos arcillosos recogidos demostrarán que son aptos para la fabricación de ladrillos artesanales en adición con la “tierra negra” originaria de la provincia de Tungurahua, parroquia Cunchibamba y cumplirán con las normas de métodos de ensayos: INEN 294, INEN 295 y INEN 296.
- En el proceso de secado los ladrillos elaborados artesanalmente presentarán la coloración de las tierras arcillosas tomadas en las localidades de la provincia de Pastaza, ya que son predominantes en la mezcla.
- Los ladrillos presentarán mayor resistencia a la compresión, pero debido a que la mayoría de la materia prima será arcilla podrían presentar fisuras o rajaduras al momento de cocción.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 Objetivo General

Determinar la resistencia a compresión, flexión y absorción de humedad de ladrillos macizos fabricados con diferentes tipos de arcilla recolectados en la Provincia de Pastaza y su comparación con el ladrillo convencional.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Comparar la resistencia a la compresión de los ladrillos fabricados con distintos tipos de suelos arcillosos de la provincia de Pastaza y de los ladrillos convencionales.
- Comparar la resistencia a la flexión de los ladrillos fabricados con distintos tipos de suelos arcillosos de la provincia de Pastaza y de los ladrillos convencionales.
- Comparar la absorción de humedad de los ladrillos fabricados con distintos tipos de suelos arcillosos de la provincia de Pastaza y de los ladrillos convencionales.
- Establecer un proceso de elaboración de ladrillo tipo C macizo artesanal.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2. NIVELES DE INVESTIGACIÓN

2.1 Investigación Experimental

Es importante definir las propiedades físicas y mecánicas: la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y absorción de humedad tanto de los ladrillos elaborados con los suelos arcillosos recolectados en la provincia de Pastaza como de los ladrillos expedidos de tres ladrilleras de la provincia de Tungurahua, pues al ser usados como material de construcción, forman parte de las estructuras, las cuales deben ofrecer su máximo rendimiento antes del colapso ante un sismo, dependiendo netamente de su calidad, pues es imprescindible que cumplan con las normativas ecuatorianas ya que el Ecuador tiene peligro sísmico ya sea alto o bajo en gran parte del territorio. Por ello se aspira a determinar cuál de las muestras de suelos arcillosos recogidos en la Provincia de Pastaza es el más eficiente para la elaboración de ladrillos fabricados artesanalmente, y así obtener resultados satisfactorios y confiables.

2.2 Investigación de Laboratorio

La investigación se desenvuelve en el Laboratorio de Ensayo de Materiales, de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

El análisis de este proyecto investigativo se efectúa dentro del campo de los conocimientos científicos, ya que son empleadas y aplicadas las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), las cuales a su vez son metódicas, con pautas específicas y precisas, se exponen a continuación:

NTE INEN 293: Elaboración de los ladrillos, esta norma tiene por objeto establecer la clasificación, definiciones y condiciones generales de uso de los ladrillos cerámicos empleados en la construcción.

NTE INEN 297: En esta norma indica los requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos empleados en la construcción.

NTE INEN 292: Esta norma se aplica para el muestreo de ladrillos cerámicos.

NTE INEN 294: Establece el método para determinar la resistencia a la compresión.

NTE INEN 295: Establece el método para determinar la resistencia a la flexión.

NTE INEN 296: Establece el método para determinar la absorción de la humedad.

2.3 Investigación Analítica

Una vez ejecutados los ensayos físicos y mecánicos entre los ladrillos artesanales convencionales de las tres ladrilleras artesanales ubicadas en la provincia de Tungurahua y los fabricados con los suelos arcillosos de la provincia de Pastaza, se procede a comparar los resultados obtenidos: de la resistencia a la compresión (NTE INEN 294), de la resistencia a la flexión (NTE INEN 295), y de la absorción de humedad (NTE INEN 296), para lograr conocer de manera minuciosa si cumplen con los requisitos dispuestos en las normas INEN, y por lo tanto, se podrá definir que ladrillo es el que posee mejores propiedades mecánicas para ser utilizado como elemento de construcción.

2.4 Investigación de campo

Los cuatro suelos arcillosos tomados, siendo dos en el Cantón Santa Clara, uno en el Cantón Arajuno y el último en la parroquia Diez de Agosto perteneciente al cantón Pastaza, fueron recogidos in situ junto a la vía Puyo – Arajuno y Puyo – Diez de Agosto, para luego ser trasladados hasta la ladrillera artesanal “El Duro” ubicada en la parroquia Cunchibamba en el Cantón Ambato, provincia de Tungurahua, para su

almacenamiento y procesamiento.

Antes de la recolección de los suelos arcillosos se verifica el contenido de arcilla de los suelos para saber si son aptos o no como materia prima para la elaboración de los ladrillos macizos artesanales tipo C, así que se ejecuta la prueba in situ llamado “Cinta de Barro” [20].

2.5 Población y Muestra

2.5.1 Población

La población para este proyecto experimental, está compuesto por tres ladrilleras artesanales que elaboran actualmente los ladrillos en la provincia de Tungurahua, la primera: Ladrillera “El Duro” ubicada en la parroquia Cunchibamba, Cantón Ambato; la segunda: Ladrillera “Tirado”, está ubicada en la parroquia Izamba, Cantón Ambato y la tercera: “Ladrillera La Primavera” ubicada en el Cantón Píllaro, de cada una de las ladrilleras se recoge las muestras o probetas de manera aleatoria, de manera que la recolección de muestras se establece por acuerdo entre consumidor y distribuidor.

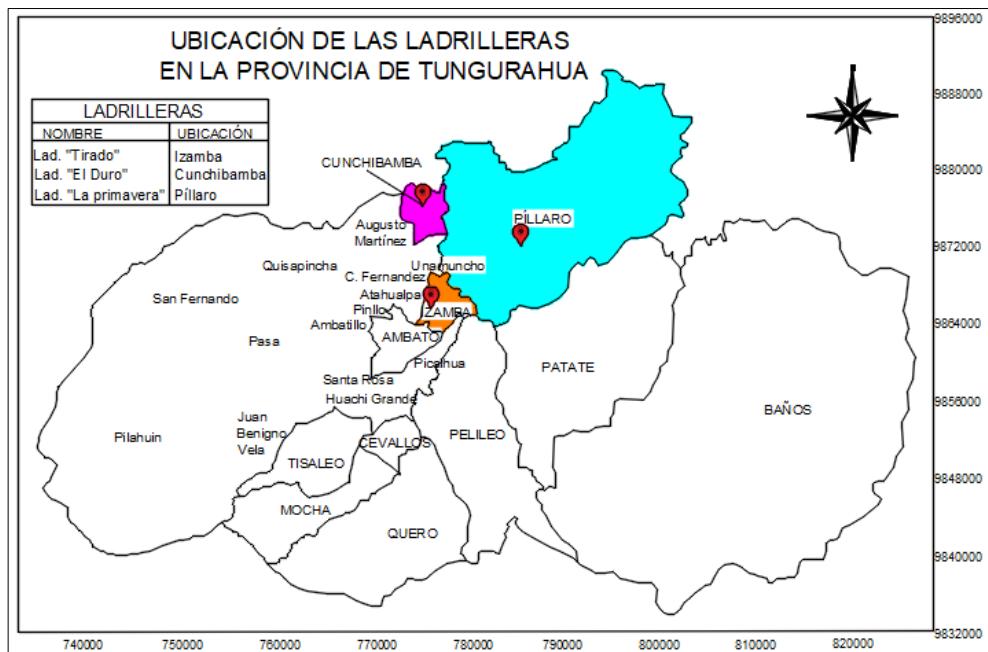


Ilustración 11. Ubicación de las ladrilleras artesanales en la provincia de Tungurahua

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

2.5.2 Muestra

Para la toma de muestras, los ladrillos deben cumplir con las condiciones generales de la norma NTE INEN 293 [17], donde explica que los ladrillos deben elaborarse de arcilla o tierra arcillosa, en ocasiones con la suma de otros agregados, de suficiente plasticidad o consistencia para que presenten una forma permanente y se sequen sin presentar grietas, nódulos o deformaciones. No pueden contener material que ocasione eflorescencias de carácter destructivo o manchas permanentes en el acabado. Además, los ladrillos se fabrican por el procedimiento de cocción al rojo, a una temperatura mínima de 800°C, una vez cocidos deben presentar una masa homogénea de resistencia uniforme. Deben tener un color rojizo y, cuando se golpeen con un material duro, debe emitir un sonido metálico. [17]

El proceso para elegir cada probeta de ladrillo, se lo realizará de manera aleatoria como lo indica la norma NTE INEN 292, ya que cada elemento del lote tiene la misma posibilidad de ser representado. [29]

Según la norma NTE INEN 294, se necesitan cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos estimables, partidos con herramientas adecuadas para prevenir que se perjudiquen sus aristas, para la determinación de la resistencia a la compresión. [26]

En base a la norma NTE INEN 295, se precisa de cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables para efectuar el ensayo de la determinación resistencia a la flexión. [27]

El ensayo de la determinación de absorción de humedad, se ejecuta en base en la norma NTE INEN 296, donde las muestras a emplearse se rigen en la norma NTE INEN 292, Tabla 1. Criterio de aceptación y rechazo de los lotes de Inspección, donde se establece que si el tamaño del lote es de 1201 hasta 3500 las unidades de muestreo es 5 ladrillos [28].

Para realizar los ensayos descritos se necesitará un total de quince ladrillos de cada una de las mezclas elaboradas y quince ladrillos macizos tipo C artesanales, de cada

una de las tres ladrilleras.

2.6 Equipos y Materiales

Tabla 3. Equipos y Materiales

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS / HERRAMIENTAS	NORMA
Muestreo de ladrillos cerámicos	Muestras de ladrillos elaborados con los suelos arcillosos recolectados.	Guantes Carretilla Mandil Marcador	NTE INEN 292
Determinación de la resistencia a compresión	Muestras de ladrillos elaborados con los suelos arcillosos recolectados y ladrillos convencionales.	Máquina de compresión	NTE INEN 294
Determinación de la resistencia a flexión	Muestras de ladrillos elaborados con los suelos arcillosos recolectados y ladrillos convencionales.	Máquina de flexión	NTE INEN 295
Determinación de la Absorción de la humedad	Muestras de ladrillos elaborados con los suelos arcillosos recolectados y ladrillos convencionales.	Balanza Balde Estufa	NTE INEN 296

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

2.7 Métodos

2.7.1 Plan de recolección de Datos

Tabla 4. Plan de recolección de datos

PREGUNTAS BÁSICAS	RESPUESTA
¿Para qué?	Para diferenciar la resistencia a compresión de los ladrillos elaborados con los suelos arcillosos recolectados de tres localidades de Pastaza y así determinar la resistencia a compresión, la resistencia a la flexión y la absorción de la humedad de cada uno de ellos y comparar sus resultados con los ladrillos comunes. Precisando así cual es el suelo arcilloso que se puede emplear como materia prima más óptimo para la fabricación de ladrillos macizos artesanales.
¿A quiénes?	A ladrillos macizos artesanales tipo C, que han sido elaborados con los distintos tipos de suelos arcillosos de algunas de las localidades de Pastaza y a los ladrillos convencionales de tres ladrilleras existentes en la provincia de Tungurahua.
¿Sobre qué aspectos?	Las propiedades mecánicas y físicas: la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la absorción de humedad de los ladrillos elaborados y convencionales, los resultados analizados son los obtenidos en los ensayos destructivos de laboratorio.
¿Quién?	La investigadora.
¿Cuándo?	Recolección de muestras del 24 al 26 de julio del 2020, elaboración de los ladrillos del 3 de agosto al 18 de septiembre del 2020, ensayos de laboratorio el 06 de noviembre del 2020, procesamiento y análisis de resultados hasta el 29 de enero del 2021.
¿Dónde?	La toma de arcillas in situ se realizó en los cantones Arajuno y Santa Clara y en la parroquia Diez de Agosto en la provincia de Pastaza, previamente a la recolección de los suelos arcillosos se realiza la verificación de contenido de arcilla con el ensayo in situ Cinta de Barro, en cuanto a la elaboración de los ladrillos se llevó a cabo en la ladrillera artesanal "El Duro" situada en la parroquia Cunchibamba, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, los cuales finalmente fueron trasladados al Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato para ser ensayados.
¿Técnicas de Recolección?	La técnica para llevar a cabo este trabajo experimental será de modo aleatorio tal y como lo indica la norma NTE INEN 292, pues cada uno de los elementos del lote tiene la misma posibilidad de ser representado.

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

2.7.2 Recolección de las muestras

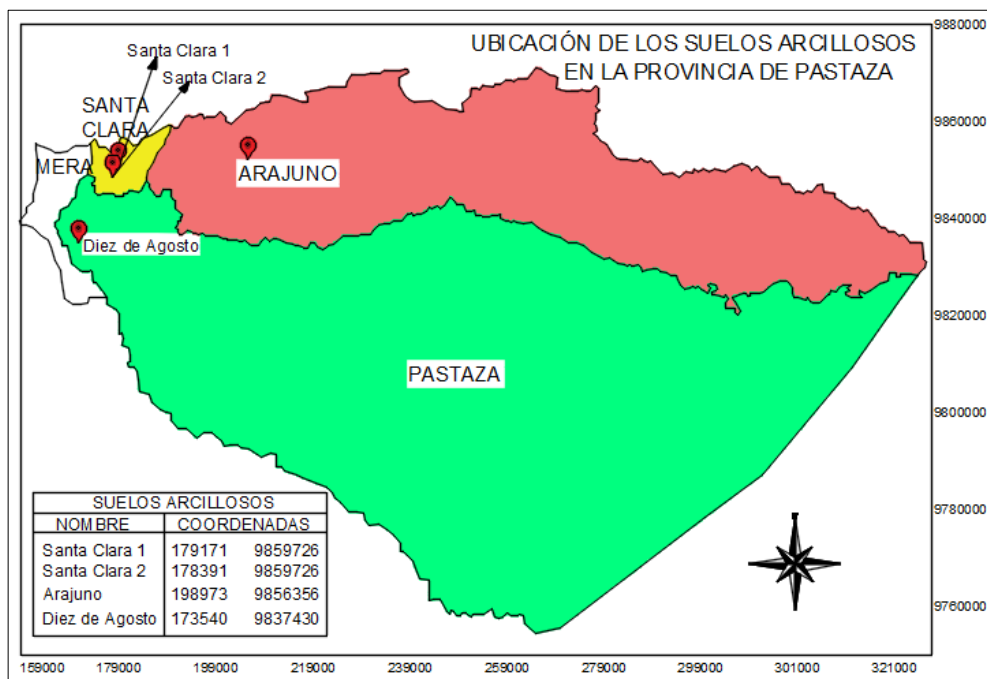
2.7.2.1 Extracción de la arcilla

Las coordenadas de los suelos arcillosos recolectados en las tres localidades de la provincia de Pastaza son las siguientes:

Tabla 5. Coordenadas de las muestras recolectadas

Suelo Arcilloso	Zona	Coordenadas UTM		Altura (m)	Latitud	Longitud
Santa Clara 1	19M	179171	9859726	603	S 01°16.050'	HO 77°52.962'
Santa Clara 2	18M	178391	9859726	632	S 01°16.570'	HO 77°53.380'
Arajuno	18M	198973	9856356	716	S 01°17.888'	HO 77°42.296'
Diez de Agosto	18M	173540	9837430	981	S 01°28.133'	HO 77°56.009'

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago



Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Ilustración 12. Ubicación de las muestras de los suelos arcillosos en la provincia de Pastaza

La extracción del suelo arcilloso en el Cantón Santa Clara se realizó en dos puntos: el primero fue de una mina antigua y el segundo de una mina existente en la entrada del cantón junto a la vía Puyo - Tena, en cuanto al suelo arcilloso recolectado dentro del cantón Arajuno fue en un punto a lo largo de la vía Puyo – Arajuno y finalmente en la parroquia Diez de Agosto se tomó el suelo arcilloso en un punto a lo largo de la de la vía Puyo –Diez de Agosto.

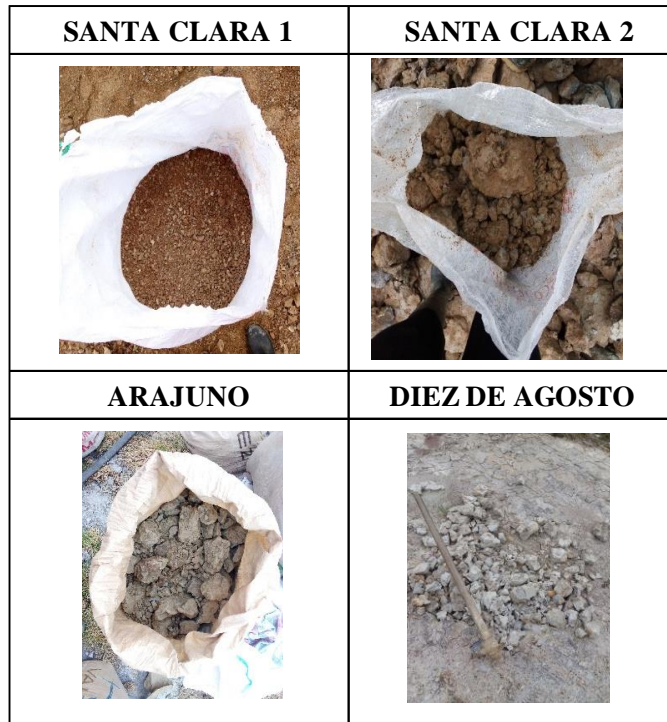


Ilustración 13. Recolección de suelos arcillosos

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

2.7.3 Ubicación de la ladrillera

La fabricación de los ladrillos de este proyecto experimental, se llevó a cabo en la Parroquia Cunchibamba, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua en la Panamericana Norte. La ladrillera “El Duro” está ubicada en la calle Jesús del Gran Poder y calle S/N.



Ilustración 14. Ladrillera artesanal “El Duro”.

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

2.8 Análisis de la Materia Prima

2.8.1 Ensayo de Granulometría

2.8.1.1 Muestras de Pastaza

2.8.1.1.1 Ensayo Granulométrico de la muestra Santa Clara 1

Tabla 6. Determinación de la Granulometría de la muestra Santa Clara 1

TAMIZ #	TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS (mm)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	PORCENTAJE RETENIDO %	PORCENTAJE QUE PASA %
#4	4,76	105,00	11%	90%
TAMIZ #4		895,00	90%	
#8	2,38	30,00	10%	80%
#10	2	50,00	16%	74%
#16	1,19	110,00	36%	54%
#20	0,841	140,00	45%	45%
#30	0,595	165,00	53%	37%
#40	0,42	180,00	58%	32%
#50	0,297	185,00	60%	30%
#60	0,25	185,00	60%	30%
#80	0,177	205,00	66%	24%
#100	0,149	210,00	68%	22%
#200	0,074	225,00	73%	17%
PASA TAMIZ # 200		53,00	17%	
TOTAL		1000,00		

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

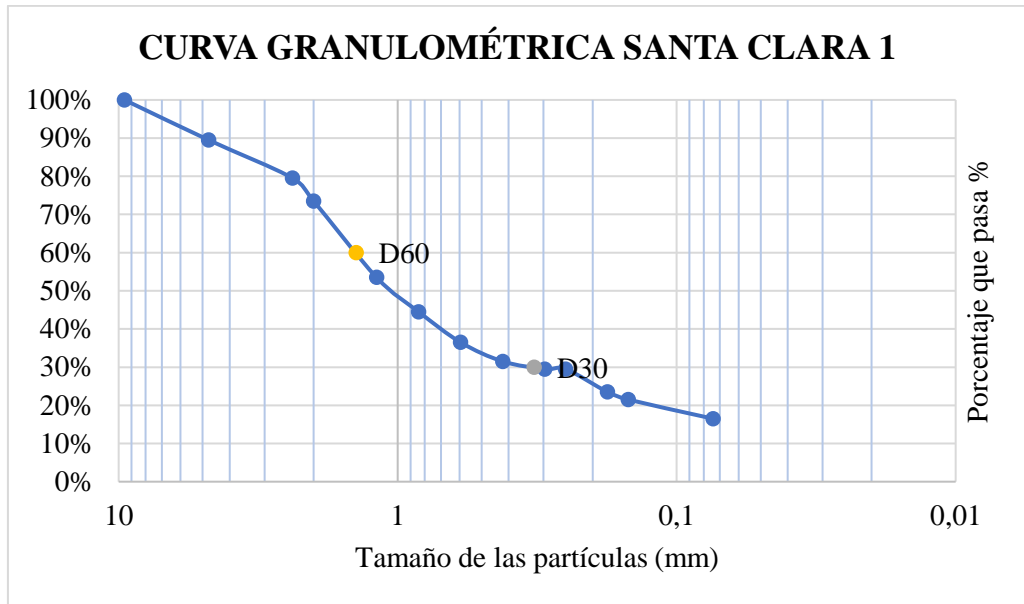


Ilustración 15. Curva Granulométrica “Santa Clara 1”

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Esta muestra pertenece a un suelo de grano grueso, es decir arena pobremente graduada con un 17% de limos o arcillas.

2.8.1.1.1 Módulo de Finura de la muestra Santa Clara 1

Tabla 7. Valor del Módulo de Finura de la muestra "Santa Clara 1"

MUESTRA	MÓDULO DE FINURA
Santa Clara 1	0,069

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

La muestra indica que el material es fino ya que es menor a 2.3.

2.8.1.1.2 Ensayo Granulométrico de la muestra Santa Clara 2

Tabla 8. Determinación de la Granulometría de la muestra “Santa Clara 2”

TAMIZ #	TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS (mm)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	PORCENTAJE RETENIDO %	PORCENTAJE QUE PASA %
1/2"	12,7	5,00	1%	100%
3/8"	9,53	55,00	6%	100%
#4	4,76	275,00	28%	73%
TAMIZ #4		725,00	73%	
#8	2,38	85,00	23%	50%
#10	2	95,00	25%	48%
#16	1,19	125,00	33%	40%
#20	0,841	135,00	36%	37%
#30	0,595	140,00	37%	36%
#40	0,42	145,00	39%	34%
#50	0,297	145,00	39%	34%
#60	0,25	150,00	40%	33%
#80	0,177	150,00	40%	33%
#100	0,149	155,00	41%	32%
#200	0,074	160,00	43%	30%
PASA TAMIZ # 200		114,00	30%	
TOTAL		1000,00		

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

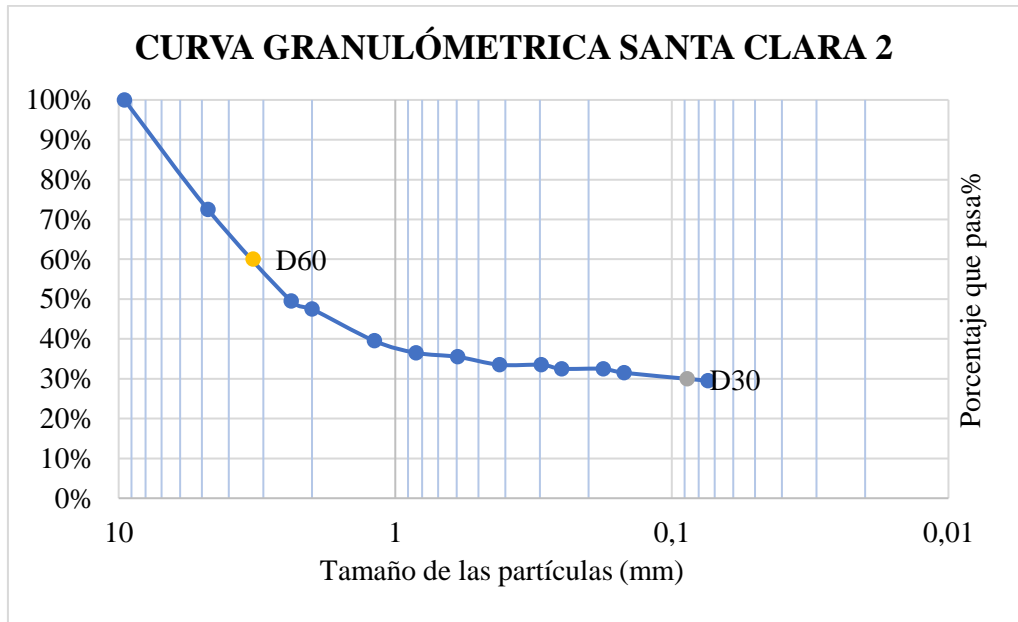


Ilustración 16. Curva Granulométrica “Santa Clara 2”

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Como se puede observar en la tabla #7 el porcentaje que pasa el tamiz #200 es del 30% por lo tanto es lo que contiene de limos y arcillas, es una arena pobremente graduada, el material es granular.

2.8.1.1.2.1 Módulo de Finura de la muestra Santa Clara 2

Tabla 9. Valor del Módulo de Finura de la muestra "Santa Clara 2"

MUESTRA	MÓDULO DE FINURA
Santa Clara 2	0,053

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

La muestra indica que el material es fino ya que es menor a 2.3.

2.8.1.1.3 Ensayo Granulométrico de la muestra Arajuno

Tabla 10. Determinación de la Granulometría de la muestra “Arajuno”

TAMIZ #	TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS (mm)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	PORCENTAJE RETENIDO %	PORCENTAJE QUE PASA %
#4	4,76	0,00	0%	100%
TAMIZ #4				
#8	2,38	10,00	3%	97%
#10	2	10,00	3%	97%
#16	1,19	10,00	3%	97%
#20	0,841	15,00	4%	96%
#30	0,595	15,00	4%	96%
#40	0,42	15,00	4%	96%
#50	0,297	15,00	4%	96%
#60	0,25	15,00	4%	96%
#80	0,177	35,00	9%	91%
#100	0,149	35,00	9%	91%
#200	0,074	115,00	31%	69%
PASA TAMIZ # 200				
TOTAL		369,00		

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

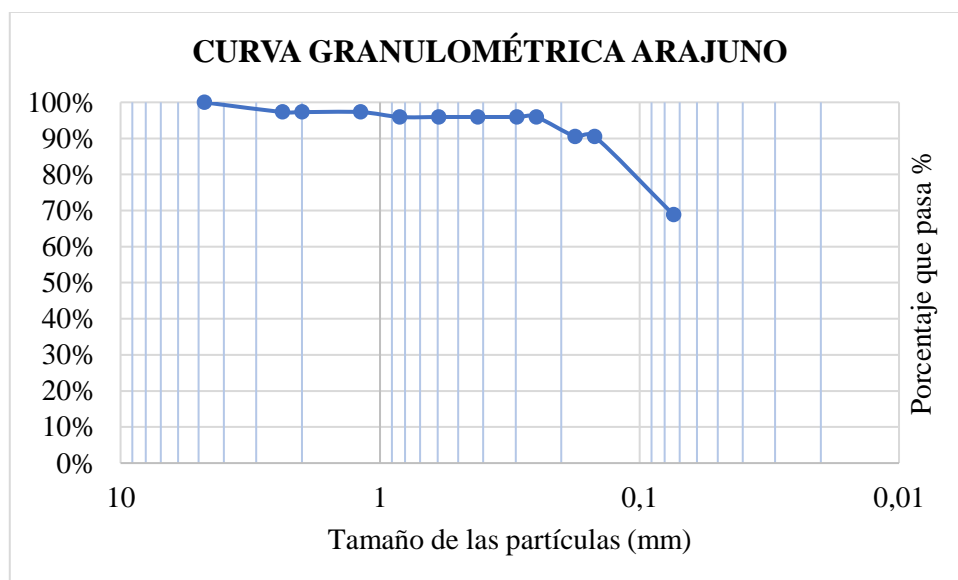


Ilustración 17. Curva Granulométrica “Arajuno”

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

El porcentaje que pasa por el tamiz # 200 en la Tabla #10 es del 69% por lo tanto, es un suelo fino con un alto porcentaje de limos y arcillas.

2.8.1.1.3 Módulo de Finura de la muestra “Arajuno”

Tabla 11. Valor del Módulo de Finura de la muestra "Arajuno"

MUESTRA	MÓDULO DE FINURA
Arajuno	0,058

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

La muestra “Arajuno” determina que el grano del suelo es fino ya que es menor a 2.3.

2.8.1.1.4 Ensayo Granulométrico de la muestra Diez de Agosto

Tabla 12. Determinación de la Granulometría de la muestra “Diez de Agosto”

TAMIZ #	TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS (mm)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	PORCENTAJE RETENIDO %	PORCENTAJE QUE PASA %
#4	4,76	0,00	0%	100%
TAMIZ #4				
#8	2,38	50,00	14%	86%
#10	2	65,00	18%	82%
#16	1,19	125,00	34%	66%
#20	0,841	160,00	44%	56%
#30	0,595	225,00	61%	39%
#40	0,42	265,00	72%	28%
#50	0,297	310,00	85%	15%
#60	0,25	310,00	85%	15%
#80	0,177	335,00	91%	9%
#100	0,149	350,00	96%	4%
#200	0,074	365,00	100%	0%
PASA TAMIZ # 200				
TOTAL		366,00		

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

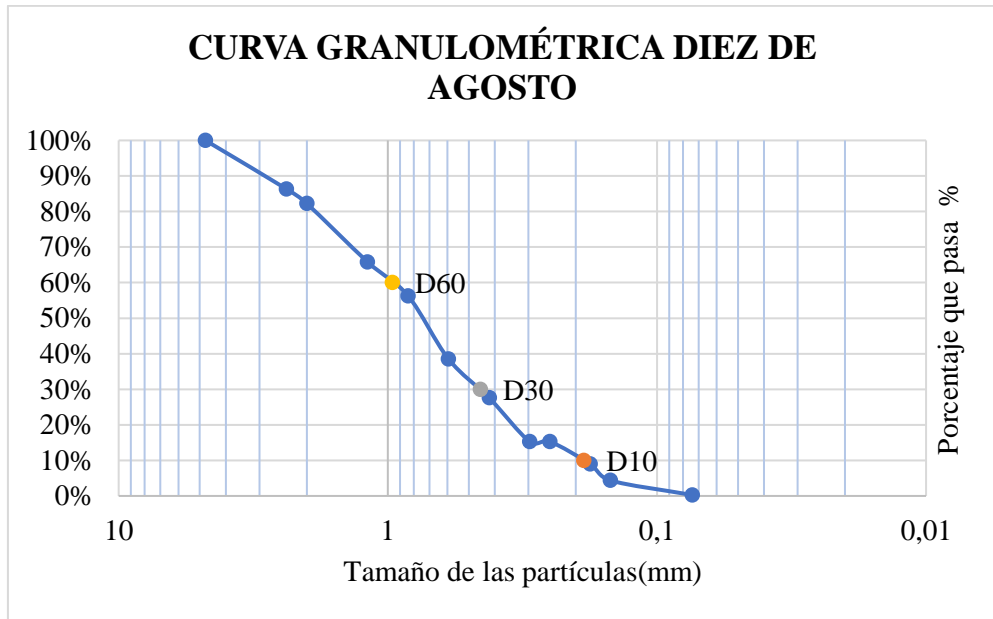


Ilustración 18. Curva Granulométrica Diez de Agosto

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Esta muestra pertenece a los materiales granulares, suelo grueso, arena pobremente graduada.

2.8.1.1.4.1. Módulo de Finura de la muestra “Diez de Agosto”

Tabla 13. Valor del Módulo de Finura de la muestra "Diez de Agosto"

MUESTRA	MÓDULO DE FINURA
Diez de Agosto	0,066

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

La muestra Diez de Agosto está compuesto por material fino.

2.8.1.2 Muestra de Tungurahua

2.8.1.2.1 Ensayo Granulométrico de la muestra “Tierra negra”

Tabla 14. Determinación de la Granulometría de la muestra “Tierra Negra”

TAMIZ #	TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS (mm)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	PORCENTAJE RETENIDO %	PORCENTAJE QUE PASA %
2"	50,8	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,4	100,80	1,03%	98,97%
3/4"	19,1	601,50	6,14%	93,86%
3/8"	9,53	4492,30	45,84%	54,16%
#4	4,75	6320,60	64,50%	35,50%
TAMIZ #4		3479,40	35,50%	
#10	2	147,60	5,96%	29,55%
#40	0,42	445,70	17,99%	17,51%
#50	0,297	527,30	21,28%	14,22%
#100	0,149	687,40	27,75%	7,76%
#200	0,074	818,50	33,04%	2,47%
PASA TAMIZ # 200		61,10	2,47%	
TOTAL		9800,00		

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

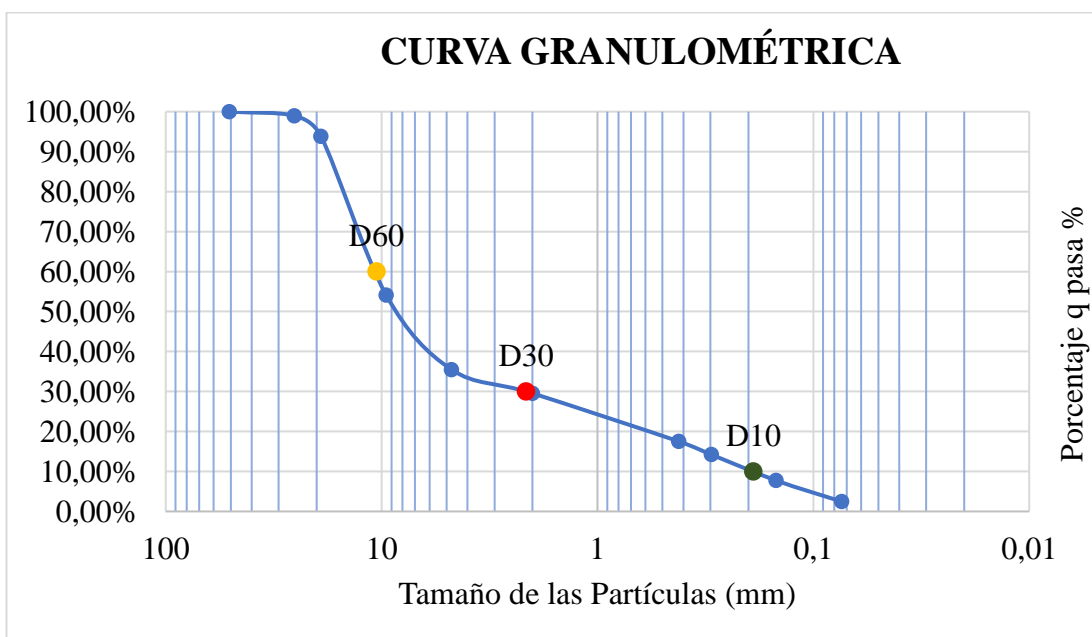


Ilustración 19. Curva Granulométrica “Tierra Negra”

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

El análisis granulométrico de la “tierra negra” fue satisfactorio ya que está bien graduada, es heterogénea, es decir la muestra se encuentra bien surtida de suelos arcillosos y limosos, arenosos y gravosos.

2.8.1.2.1.1 Módulo de Finura de la muestra “Tierra Negra”

Tabla 15. Valor del Módulo de Finura de la muestra "Tierra Negra"

MUESTRA	MÓDULO DE FINURA
Tierra Negra	0,030

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

El índice de módulo de finura de la muestra “Tierra Negra” es de 0,03 esto quiere decir que el grano es fino.

2.9 Verificación del contenido de arcilla de las muestras

Para esta verificación se lleva a cabo el ensayo en campo “Cinta de Barro”.

Antes de proceder a la recolección del suelo, se verifica el contenido de arcilla de cada uno de ellos, dando los siguientes resultados:









SANTA CLARA 1		SANTA CLARA 2	
			
Medida de la cinta de barro: 19.5 cm		Medida de la cinta de barro: 17.3 cm	
ARAJUNO		DIEZ DE AGOSTO	
			
Medida de la cinta de barro: 13.0 cm		Medida de la cinta de barro: 18.0 cm	

Ilustración 20. Ensayo in situ, Cinta de Barro

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Los suelos arcillosos recolectados presentan una cantidad moderada a alta de arcilla, siendo el de mayor contenido la muestra de Santa Clara 1 y menor contenido de arcilla

la muestra de Arajuno.

2.10 Análisis Químico

Se realizó el análisis químico de cada uno de los suelos arcillosos recolectados en la provincia de Pastaza, y la “Tierra Negra” de la provincia de Tungurahua para determinar la cantidad de sílice (SiO₂).

2.10.1 Muestras de Pastaza

2.10.1.1 Determinación de la cantidad de sílice (SiO₂) de la muestra Santa Clara1

Tabla 16. Resultado del ensayo químico de la muestra "Santa Clara 1"

MUESTRA	% SiO ₂
Santa Clara 1	43,00

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Método Analítico

*SiO₂ = Gravimétrico

2.10.1.2 Determinación de la cantidad de sílice (SiO₂) de la muestra Santa Clara

2

Tabla 17. Resultado del ensayo químico de la muestra "Santa Clara 2"

MUESTRA	% SiO ₂
Santa Clara 2	59,00

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Método Analítico

*SiO₂ = Gravimétrico

2.10.1.3 Determinación de la cantidad de sílice (SiO₂) de la muestra Arajuno

Tabla 18.Resultado del ensayo químico de la muestra "Arajuno"

MUESTRA	% SiO ₂
Arajuno	55,00

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Método Analítico

*SiO₂ = Gravimétrico

2.10.1.4 Determinación de la cantidad de sílice (SiO₂) de la muestra Diez de Agosto

Tabla 19.Resultado del ensayo químico de la muestra "Diez de Agosto"

MUESTRA	% SiO ₂
Diez de Agosto	45,00

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Método Analítico

*SiO₂ = Gravimétrico

2.10.2 Muestra de Tungurahua

2.10.2.1 Determinación de la cantidad de sílice (SiO₂) de la muestra "Tierra negra"

Tabla 20.Resultado del ensayo químico de la muestra "Tierra Negra"

MUESTRA	% SiO ₂
Tierra Negra	47,00

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Método Analítico

*SiO₂ = Gravimétrico

2.10.3 Resumen de los ensayos ejecutados en las muestras recolectadas

Tabla 21. Resumen de los ensayos ejecutados en los suelos usados en este proyecto investigativo.

MUESTRA	ENSAYOS			
	GRANULOMÉTRICO			QUÍMICO
	PASA TAMIZ #200 [%]	PASA TAMIZ 4 [%]	MÓDULO DE FINURA	% SiO ₂
Santa Clara 1	17%	90%	0,069	43,00
Santa Clara 2	30%	73%	0,053	55,00
Arajuno	69%	100%	0,058	59,00
Diez de Agosto	0%	100%	0,066	45,00
Tierra Negra	2%	35,50%	0,030	47,00

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

2.11 Proceso de Elaboración de los ladrillos

En este trabajo investigativo se elabora los ladrillos macizos artesanales tipo C, en la mezcla se aplica una relación de 2 a 1, siendo 2 partes de suelo arcilloso de la provincia de Pastaza y una parte de “tierra negra” de la provincia de Tungurahua.

El ladrillo macizo artesanal tipo C, se fabrica usando como materia prima la “tierra negra” de la Región Sierra, provincia de Tungurahua, parroquia Cunchibamba, que generalmente usa el artesano, se realiza esta mezcla con la finalidad de mejorar la calidad del producto que actualmente se comercializa.

Se puede observar este proceso en un mapa conceptual de manera resumida en el Anexo A, al final de este proyecto.

La elaboración de los ladrillos es netamente artesanal, y el proceso que se ejecutó es el siguiente:

2.11.1 Tratamiento de la arcilla

Los suelos arcillosos recolectados se encontraban en estado natural, por lo tanto, dos de ellos se encontraban en estado seco y los otros dos en estado húmedo, para secarlos fueron tendidos y puestos al sol durante 48 horas.



Ilustración 21. Suelo arcilloso tendido

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Al estar totalmente secos los cuatro suelos arcillosos fueron sometidos a la trituration y pulverización de manera manual, es decir mediante el uso de herramientas menores como combos, palos y un apisonador hecho de un pedazo de tronco.



Ilustración 22. Trituración de los suelos arcillosos

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

2.11.2 Tamizado de la arcilla

Posterior a la pulverización de los suelos arcillosos, fueron tamizados y a pesar de los esfuerzos realizados no se logró moler en su totalidad todo el material extraído y

resultaron granos no tan finos.

Para eliminar los granos no tan finos resultantes fue necesario tamizar la materia prima, de manera que para el tamizado del material se procedió a tender un plástico en el piso, y se usó una zaranda de 44 cm*85,5 cm, con las aberturas de la malla de 4 mm*3mm.



Ilustración 23. Tamizado de los suelos arcillosos triturados

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Resultado del material tamizado:

SANTA CLARA 1	SANTA CLARA 2
	
ARAJUNO	DIEZ DE AGOSTO
	

Ilustración 24. Resultado de los materiales tamizados

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

2.11.3 Amasado

En este proyecto experimental se sustituye en su totalidad el barro o “chocoto que

usualmente usa el artesano por la materia prima recolectada y se disminuyó la cantidad del resto de agregados para la elaboración de los ladrillos, además se usa los suelos arcillosos recolectados en una relación de 2 a 1 con respecto a la “tierra negra”.

A continuación, se expone el procedimiento para cada una de las mezclas para la elaboración de los ladrillos:

- En una superficie plana y libre de impurezas, echar un poco de agua hasta humedecer la superficie.



Ilustración 25. Superficie Humedecida

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Regar un poco de aserrín con la mano y con los pies ir mezclando hasta formar una mezcla homogénea sobre la superficie previamente humedecida.



Ilustración 26. Riego de aserrín en la superficie humedecida

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Para la mezcla se usó: 100 kg del suelo arcilloso, 50 kg de “tierra negra”, 7 kg de aserrín, 5.5 kg de ceniza común y poco a poco durante el amasado se agrega 0.0036 m³ de agua, se efectúa la mezcla con el azadón hasta conseguir una masa homogénea, pisotear la masa para conseguir un mejor mortero, a medida que se va amasando retirar los cuerpos extraños y el material inorgánico, el amasado dura aproximadamente de 40 a 90 minutos, y en base al conocimiento empírico del artesano se sabe que ya está lista la mezcla cuando ya no se adhiere al azadón.



Ilustración 27. Amasado del material

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

2.11.4 Reposo

El mortero se deja en reposo en una poza en el suelo, el que debe ser una superficie plana y sin impurezas, durante 12 horas, en este punto la coloración de los suelos

arcillosos es poco visible en la mezcla.



Ilustración 28. Reposo de la mezcla

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

2.11.5 Moldeado

En este paso, del proceso de moldeado para la elaboración de ladrillos macizos artesanales se lleva a cabo con un molde, del cual las aberturas de las medidas son de 30*14*8.5 cm, este tamaño es establecido por el dueño de la ladrillera. El molde es de madera y se encuentra recubierto de latón para evitar que la mezcla se adhiera a las paredes del molde y además tiene a cada lado un asa para levantarlo.



Ilustración 29. Molde para los ladrillos

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

En el moldeado de los ladrillos se realizó lo siguiente:

- El terreno donde van a ser asentados los ladrillos debe ser completamente plano, debe

estar húmedo y además se debe regar un poco de aserrín para evitar que se adhiera el ladrillo con el piso. Hay tener en cuenta el estado del clima, lo idóneo es que el día esté soleado o seco.



Ilustración 30. Preparación del terreno

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- La carretilla donde va a ser transportada la mezcla debe estar húmeda y con poco de aserrín para que al verter el mortero en el molde el mortero no se adhiera a las paredes de la carretilla y que sea más sencilla su colocación.
- Transportar la mezcla hasta el molde previamente humedecido para ser moldeada.



Ilustración 31. Colocación de la mezcla en el molde

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Con los puños cerrados esparcir la pasta en el molde llenando todas las esquinas, eliminando espacios vacíos y zonas de menor resistencia.



Ilustración 32. Relleno del molde

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Enrasar la mezcla en el molde con un trozo de madera húmeda y limpia, eliminando así el exceso de mezcla y dejando plana la cara mayor del ladrillo.



Ilustración 33. Enrasado de la mezcla en el molde

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Para culminar esta etapa, retirar el molde con cuidado, alzándolo de las asas hacia arriba y a velocidad media.



Ilustración 34. Retiro del molde

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

2.11.6 Secado

Los ladrillos ya moldeados se dejan secar al aire libre durante 36 horas, hasta que ganen dureza, pierdan parte de la humedad y sean manipulables.





SANTA CLARA 1	SANTA CLARA 2
	
ARAJUNO	DIEZ DE AGOSTO
	

Ilustración 35. Ladrillos modelados

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Transcurridas las 36 horas, los ladrillos son apilados en hileras verticales, uno sobre otro, para en los siguientes días continuar con la elaboración de más ladrillos ya que

al día se elaboran aproximadamente de 400 – 600 unidades.



Ilustración 36. Apilamiento de los ladrillos

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Después de 21 días de secado al aire libre, se logra apreciar que los ladrillos toman la coloración de los suelos arcillosos recolectados sus medidas disminuyen de 1 a 2 mm por cara debido a la pérdida de humedad.



Ilustración 37. Ladrillos secos al aire libre a los 21 días

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

2.11.7 Cocción

Esta es la etapa final de la elaboración de ladrillos macizos artesanales y la más importante, su principal elemento es el horno, para este proyecto investigativo se usa un horno rectangular abierto con dos hornillas que mide 5.50 m * 6 m, su capacidad máxima es de 8000 unidades.

Esta etapa se efectúa de la siguiente manera:

- Colocar como base ladrillos antiguos o malogrados y en hileras, separados 20 cm.



Ilustración 38. Base del horno

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Acomodar los ladrillos secos a la intemperie, estableciendo ranuras o espacios de manera que la conducción del calor circule por todo el horno y evitar un posible blanqueo de las unidades.



Ilustración 39. Ubicación de los ladrillos dentro del horno

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Al culminar la carga del horno con los ladrillos secos, se procede a encender el horno de combustión, en las hornillas se coloca la leña que puede ser eucalipto, en esta ocasión se usa $6m^3$ y con la ayuda de diésel inicia la quema. El tiempo de cocción de

los ladrillos dura 38 horas al rojo vivo, los artesanos saben que los ladrillos están listos cuando el humo es más denso y blanco.



Ilustración 40. Horno encendido

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- El proceso de enfriamiento se inicia tapando con una capa de ladrillos la parte superior de los ladrillos cocidos y las hornillas del horno durante 96 horas, esto se realiza con el fin de evitar que los ladrillos se fisuren por el cambio brusco de temperatura.



Ilustración 41. Proceso de enfriamiento

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Una vez completamente frío el horno se procede a retirar los ladrillos y se los golpea verificando que emitan un sonido metálico.




2.12 Ensayos de Laboratorio





2.12.1 Ensayo de la resistencia a la Compresión

Para la determinación de la Resistencia a la Compresión se usa la norma NTE INEN 294, donde indica que se puede usar cualquier máquina de compresión que posea un plato con rótula de segmento esférico, siempre que las superficies de contacto de los apoyos sean iguales o mayores que las probetas de prueba.

La preparación de las probetas consiste en partir en mitades iguales, con caras plana y paralelas sin defectos apreciables de cinco probetas, para dividir la probeta se debe usar herramientas adecuadas que puede ser serrucho o sierra para evitar defectos en las aristas.

Tabla 22. Probetas para la determinación de la Resistencia a la Compresión

Suelo	Probeta	Imagen
Suelo arcilloso + “Tierra Negra”	Santa Clara 1	
	Santa Clara 2	
	Arajuno	

	Diez de Agosto	
Ladrilleras en la provincia de Tungurahua	Ladrillera “El Duro”	
	Ladrillera “Tirado”	
	Ladrillera “La Primavera”	

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

En el caso, que las probetas presenten defectos apreciables ya sean fisuras en algunas de sus caras o irregularidades de forma, las probetas deben ser tratadas de la siguiente manera:

- Aplicar una mezcla que debe contener azufre con arcilla, ceniza volcánica u algún otro material inerte, el cemento portland cumple con estos requerimientos.
- El espesor de la capa de la mezcla debe ser o aproximarse igual en todas las probetas.

- Observar que la probeta no posea oquedades en la superficie.
- Una vez aplicadas las capas de la mezcla en las dos caras, dejar fraguar durante 24 horas. [26]

Para aplicar el método de ensayo, se debe realizar:

- Colocar la probeta, de manera que esté centrada con respecto a la rótula y aplicar la carga en la dirección de su menor dimensión.



Ilustración 42. Ejecución del ensayo de la resistencia de la compresión de las probetas

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Aproximadamente hasta la mitad de la carga máxima probable, se aplica la carga a cualquier velocidad. La carga restante se aplica gradualmente, en un tiempo no inferior a un minuto ni superior a dos.



Ilustración 43. Resultado de una de una de las probetas ensayadas

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- La resistencia a la compresión se calcula por la ecuación siguiente [26]:

$$C = \frac{P}{A}$$

Siendo:

C = La resistencia a la compresión, en Megapascuales.

P = La carga de rotura, en Newtones.

A = Área de las secciones en milímetros cuadrados.

- La superficie A se calcula por la ecuación siguiente [26]:

$$A = a * l$$

Siendo:

a = ancho de la muestra, en milímetros.

l = largo de la muestra, en milímetros.

- La norma NTE INEN 294, indica que el promedio de los valores de cinco probetas, representa la resistencia a la compresión del lote del ladrillo.





- Tabulación de datos.



2.12.2 Ensayo de la resistencia a la Flexión

Para efectuar este ensayo se aplica la norma NTE INEN 295, que se basa en la aplicación de una carga progresiva de flexión a las probetas, hasta determinar su resistencia máxima admisible.

La preparación de las probetas consiste en cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables.

Tabla 23. Probetas para la determinación de la Resistencia a la Flexión

Suelo	Probeta	Imagen
Suelo Arcilloso + "Tierra Negra"	Santa Clara 1	
	Santa Clara 2	
	Arajuno	
	Diez de Agosto	

Ladrilleras en la provincia de Tungurahua	Ladrillera “El Duro”	
	Ladrillera “Tirado”	
	Ladrillera “La Primavera”	

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Se inicia el ensayo colocando la probeta con su cara mayor encima de los apoyos, con una separación entre sí de 15 cm. Aplicar la carga hasta la rotura de la muestra. [27]



Ilustración 44. Ejecución del Ensayo a la Resistencia a la Flexión

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- La velocidad de aplicación de la carga será tal que el cabezal de la máquina no avance más de 1,5 mm por minuto.



Ilustración 45. Resultado de una de las probetas ensayadas

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- El módulo de rotura se calcula con la ecuación siguiente [27]:

$$R = \frac{300 * G * l}{2 * b * d^2}$$

Siendo:

R = módulo de rotura, en Megapascales.

G = carga de rotura, en Newtones.

l = distancia entre apoyos en milímetros.

b = ancho de cara a cara de la muestra, en milímetros.

d = promedio del espesor de cara a cara de la muestra en milímetros.

- La norma NTE INEN 295, indica que el promedio de los valores de cinco probetas, representa la resistencia a la flexión del lote del ladrillo.
- Tabulación de datos.

2.12.3 Ensayo de Absorción de Humedad

La norma NTE INEN 296 establece que para percibir el resultado de la absorción de humedad debe ser la diferencia de valores entre antes y después de que el ladrillo sea

sumergido en agua.

Para llevar a cabo este ensayo se debe tomar una muestra de 5 probetas como lo determina la norma NTE INEN 292, verificar que no tengan partículas sueltas en ninguna de las caras y vértices, no deben tener defectos visibles, pues predomina donde se va a efectuar la falla ya sea longitudinal o transversalmente, además tomar las medidas y el peso. En el caso de que las probetas tengan defectos se deben ser adaptadas mediante herramientas menores como limas y/o lijas, cuidando las aristas.

- Para iniciar el ensayo se deseca en una estufa a 110°C, hasta que la masa sea constante. [28]
- El peso de cada probeta se toma con una balanza electrónica con la capacidad mínima de 5kg y con escala que permita lecturas mínimas de 0.5 g. [28]








Ilustración 46. Balanza Electronica, capacidad máx. 7000 g.

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Enfriar a temperatura ambiente y volver a pesar. Se deja de repetir la operación cuando ya no exista un aumento de masa mayor al 1%. Registrar los datos.

Tabla 24. Probetas para la determinación de la Absorción de la Humedad




Suelo	Probeta	Imagen
Suelo arcilloso + “ Tierra negra”	Santa Clara 1	
	Santa Clara 2	
	Arajuno	
	Diez de Agosto	
Ladrilleras en la Provincia de Tungurahua	Ladrillera “El Duro”	





	Ladrillera "Tirado"	
	Ladrillera "La Primavera"	

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Sumergir las probetas en un recipiente con agua destilada a una temperatura de 15°C a 30°C durante 24 horas.

Tabla 25. Probetas sometidas al ensayo de Absorción de Humedad

Suelo	Probeta	Imagen
Suelo arcilloso + "Tierra negra"	Santa Clara 1	
	Santa Clara 2	
	Arajuno	

	Diez de Agosto	
Ladrilleras en la Provincia de Tungurahua	Ladrillera “El Duro”	
	Ladrillera “Tirado”	
	Ladrillera “La Primavera”	

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Retirar las probetas y secar con una toalla, después de cinco minutos de haber sido retiradas del agua pesar las probetas y registrar los datos.



Ilustración 47. Registro de datos

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

- Calcular la absorción de la humedad expresada en porcentaje con la siguiente ecuación [23]:

$$\text{Absorción \%} = \frac{P_2 - P_1}{P_1} * 100$$

Donde:

P1= es la masa de la muestra desecada,

P2= es la masa de la muestra después de 24 horas de haber sido sumergida.

- Tabulación de datos

2.13 Plan de Procesamiento y Análisis de Información

Los ensayos se efectúan en el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato.

Luego de la obtención de los resultados de los ensayos físico y mecánicos de laboratorio se realiza el cálculo del promedio de todos los valores entre los cinco ladrillos de cada una de las probetas de los suelos arcillosos, a continuación, se realiza la comparación de los promedios arrojados de los cuatro tipos de ladrillos con las distintas arcillas con el promedio de los tres ladrillos convencionales que se comercializan habitualmente, la información de los resultados son presentados de una forma clara, concisa e inteligible para el evaluador en una tabla.

2.13.1 Metodología para la determinación de los resultados de los ensayos ejecutados.

Para una mejor comprensión de los resultados de los ensayos tanto físicos como mecánicos, se inicia poniendo en manifiesto las tablas en cada uno de los ensayos, donde consta el código de la probeta, la dimensiones, el peso, los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión, a la flexión y a la absorción de humedad en

porcentaje, según corresponda y los promedios. Adicionalmente se presentan gráficos donde se muestran de manera más simplificada los resultados obtenidos de los ensayos ejecutados en el presente trabajo experimental, y finalmente se presenta una tabla resumen, donde constan todos los valores resultantes.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos efectuados en el laboratorio. Los datos recolectados permiten el desarrollo de este trabajo experimental, siendo 105 probetas ensayadas, para establecer las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos macizos artesanales tanto elaborados con los suelos arcillosos de la provincia de Pastaza como los ladrillos convencionales fabricados en las ladrilleras artesanales de la provincia de Tungurahua.

El análisis de los valores obtenidos en cada uno de los ensayos llevados a cabo se fundamenta en verificar que cumplan con las normas NTE INEN ya expuestas en el capítulo 2 y según correspondan. Una vez examinado cada valor individualmente se efectúa el cálculo del promedio de cada uno de los lotes, dando como resultados los datos físico y mecánicos de los materiales.

3.2 Resultados obtenidos de la determinación de la Resistencia a la Compresión

Una vez realizados los ensayos de la resistencia a la compresión, según la normativa ecuatoriana NTE INEN 294, se encontraron los siguientes valores que se muestran en la tabla:

Tabla 26. Resultados de los ensayos para la determinación de la Resistencia a la Compresión de las probetas con los ladrillos realizados con 66.66% de suelo arcilloso de la provincia de Pastaza y el 33.33% de la Tierra Negra de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.

UBICACIÓN		PROBETA	DIMENSIÓN [mm]			ÁREA(A) [mm ²] L*a	PESO [gr.]	CARGA MÁX. DE ROTURA (P) [N]	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN [MPa]	PROMEDIO [Mpa]
			L	a	h					
SUELO ARCILLOSO + "TIERRA NEGRA"	SANTA CLARA 1	1 ^a	140	129	80	18060	1892	36740	2,03	3,58
		2 ^a	136	126	88	17136	1913	32720	1,91	
		3 ^a	140	130	86	18200	2106	24930	1,37	
		4 ^a	140	130	87	18200	2032	155540	8,55	
		5 ^a	135	130	80	17550	1958	71260	4,06	
	SANTA CLARA 2	1B	135	122	79	16470	1902	181330	11,01	10,13
		2B	130	125	79	16250	1792	177130	10,90	
		3B	133	125	75	16625	1817	165190	9,94	
		4B	131	129	77	16899	1792	162000	9,59	
		5B	131	124	76	16244	1904	149420	9,20	
	ARAJUNO	1C	132	122	84	16104	1843	108460	6,73	7,80
		2C	130	129	75	16770	1936	101380	6,05	
		3C	134	126	80	16884	1884	111730	6,62	
		4C	132	126	78	16632	1918	182880	11,00	
		5C	128	125	80	16000	1734	137770	8,61	
	DIEZ DE AGOSTO	1D	136	130	83	17680	2134	52910	2,99	4,93
		2D	133	130	79	17290	1872	122130	7,06	
		3D	138	124	80	17112	1963	72810	4,25	
		4D	135	127	81	17145	1829	64640	3,77	
		5D	140	125	80	17500	1961	114960	6,57	

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Tabla 27. Resultados de los ensayos para la determinación de la Resistencia a la Compresión de cada uno de los ensayos realizados con los ladrillos convencionales de las Ladrilleras de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.

UBICACIÓN	PROBETA	DIMENSIÓN [mm]			ÁREA(A) [mm ²] L*a	PESO [gr.]	CARGA MÁX. DE ROTURA (P) [N]	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN [MPa]	PROMEDIO [Mpa]	
		L	a	h						
LADRILLERAS EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA	LAD. "EL DURO"	1F	139	131	81	18209	1923	34390	1,89	2,77
		2F	138	130	80	17940	1861	58520	3,26	
		3F	142	130	80	18460	1832	59950	3,25	
		4F	139	130	80	18070	2017	37200	2,06	
		5F	138	135	80	18630	1915	63380	3,4	
	LAD. "TIRADO"	1G	95	100	45	9500	728	135250	14,24	11,3
		2G	93	100	45	9300	707	92080	9,9	
		3G	96	100	46	9600	718	101130	10,53	
		4G	95	100	46	9500	714	107910	11,36	
		5G	96	100	45	9600	716	100540	10,47	
	LAD. "LA PRIMAVERA"	1H	133	108	85	14364	1643	99990	6,96	4,85
		2H	139	105	89	14595	1758	52660	3,61	
		3H	132	103	88	13596	1741	90320	6,64	
		4H	130	104	83	13520	1577	53370	3,95	
		5H	136	104	77	14144	1468	43500	3,08	

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

En la Tabla 26 y 27 se muestra los valores resultantes de la resistencia a la compresión de cada una de las probetas sometidas al ensayo, e indica si cumple o no con la norma NTE INEN 297, los datos que no cumplen, se encuentran resaltados de color naranja.

Tabla 28. Valores resultantes de la Resistencia a la Compresión Individual con los ladrillos realizados con 66.66% de suelo arcilloso de la provincia de Pastaza y el 33.33% de la Tierra Negra de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.

UBICACIÓN		PROBETA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN [Mpa]	RESISTENCIA MÍN. A LA COMPRESIÓN INDIVIDUAL [Mpa]	CUMPLE SI/NO REQUISITOS NORMA INEN 297
SUELO ARCILLOSO + "TIERRA NEGRA"	SANTA CLARA 1	1A	2,03	6,00	NO
		2A	1,91	6,00	NO
		3A	1,37	6,00	NO
		4A	8,55	6,00	SI
		5A	4,06	6,00	NO
	SANTA CLARA 2	1B	11,01	6,00	SI
		2B	10,90	6,00	SI
		3B	9,94	6,00	SI
		4B	9,59	6,00	SI
		5B	9,20	6,00	SI
	ARAJUNO	1C	6,73	6,00	SI
		2C	6,05	6,00	SI
		3C	6,62	6,00	SI
		4C	11,00	6,00	SI
		5C	8,61	6,00	SI
	DIEZ DE AGOSTO	1D	2,99	6,00	NO
		2D	7,06	6,00	SI
		3D	4,25	6,00	NO
		4D	3,77	6,00	NO
		5D	6,57	6,00	SI

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Tabla 29. Valores resultantes de la Resistencia a la Compresión Individual de los ensayos realizados con los ladrillos convencionales de las Ladrilleras de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.

UBICACIÓN		PROBETA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN [Mpa]	RESISTENCIA MÍN. A LA COMPRESIÓN INDIVIDUAL [Mpa]	CUMPLE SI/NO REQUISITOS NORMA INEN 297
LADRILLERAS EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA	LAD. "EL DURO"	1F	1,89	6	NO
		2F	3,26	6	NO
		3F	3,25	6	NO
		4F	2,06	6	NO
		5F	3,4	6	NO
	LAD. "TIRADO"	1G	14,24	6	SI
		2G	9,9	6	SI
		3G	10,53	6	SI
		4G	11,36	6	SI
		5G	10,47	6	SI
	LAD. "LA PRIMAVERA"	1H	6,96	6	SI
		2H	3,61	6	NO
		3H	6,64	6	SI
		4H	3,95	6	NO
		5H	3,08	6	NO

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

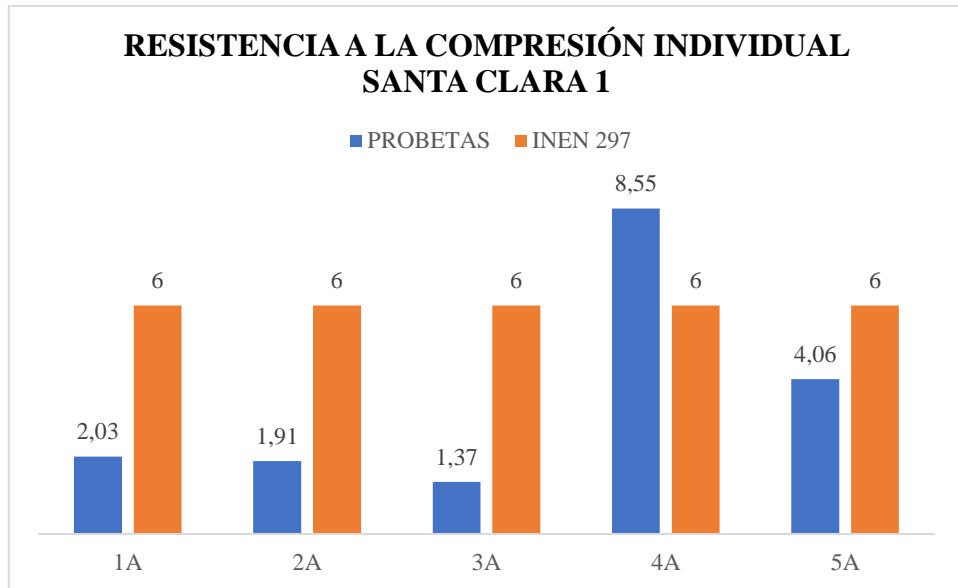


Ilustración 48. Comparación de las probetas "Santa Clara 1" con la Norma NTE INEN 297

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

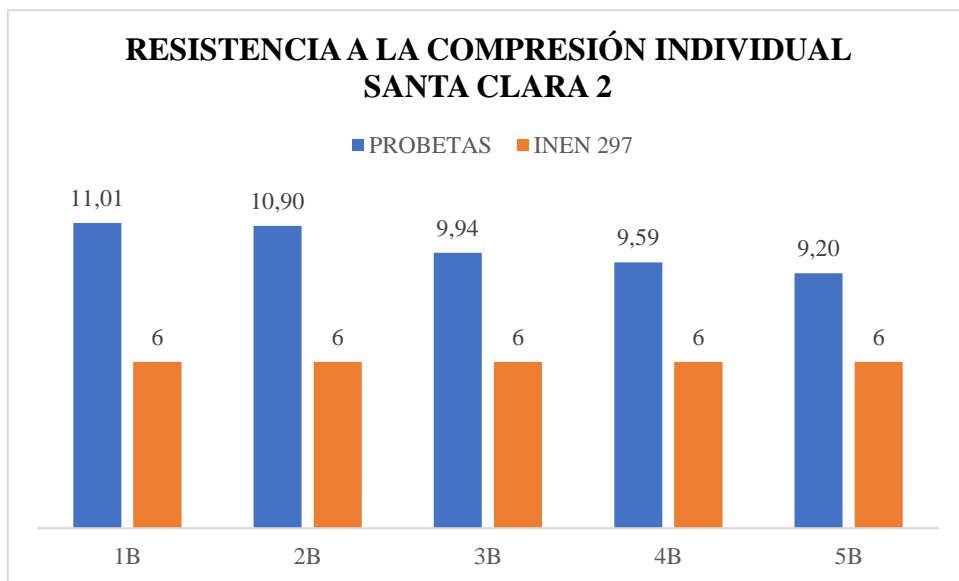


Ilustración 49. Comparación de las probetas "Santa Clara 2" con la Norma NTE INEN 297

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

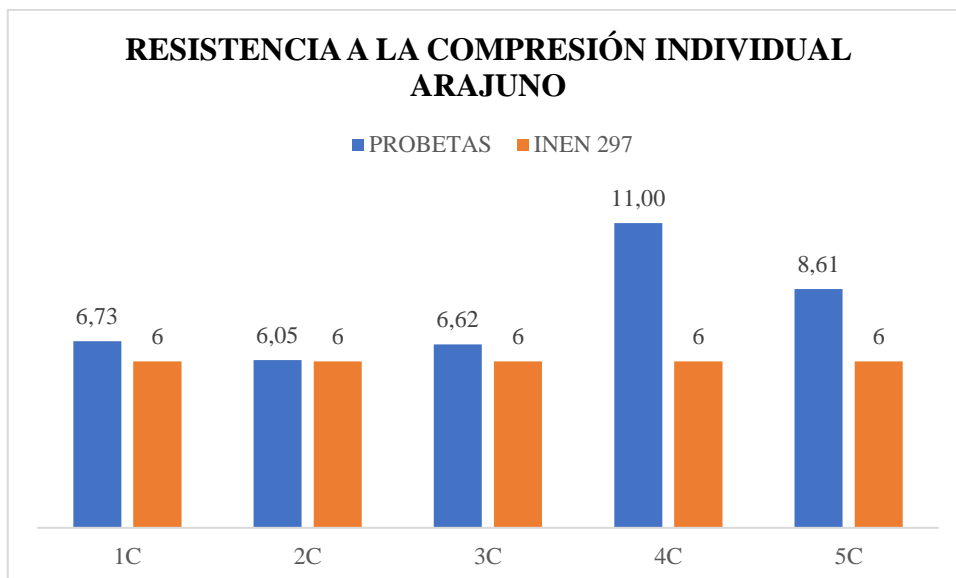


Ilustración 50. Comparación de las probetas "Arajuno" con la Norma NTE INEN 297

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

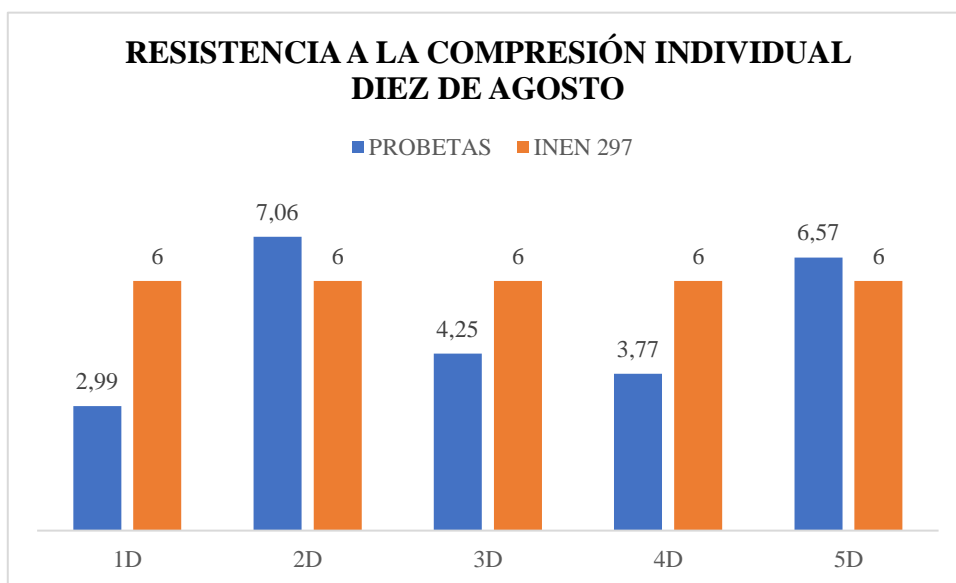


Ilustración 51. Comparación de las probetas "Diez de Agosto" con la Norma NTE INEN 297

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

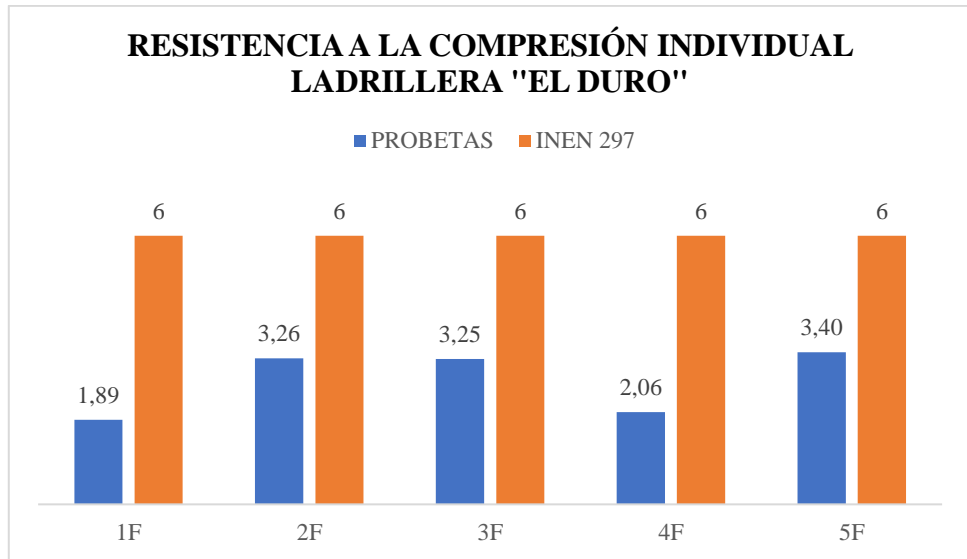


Ilustración 52. Comparación de las probetas "El Duro" con la Norma NTE INEN 297

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

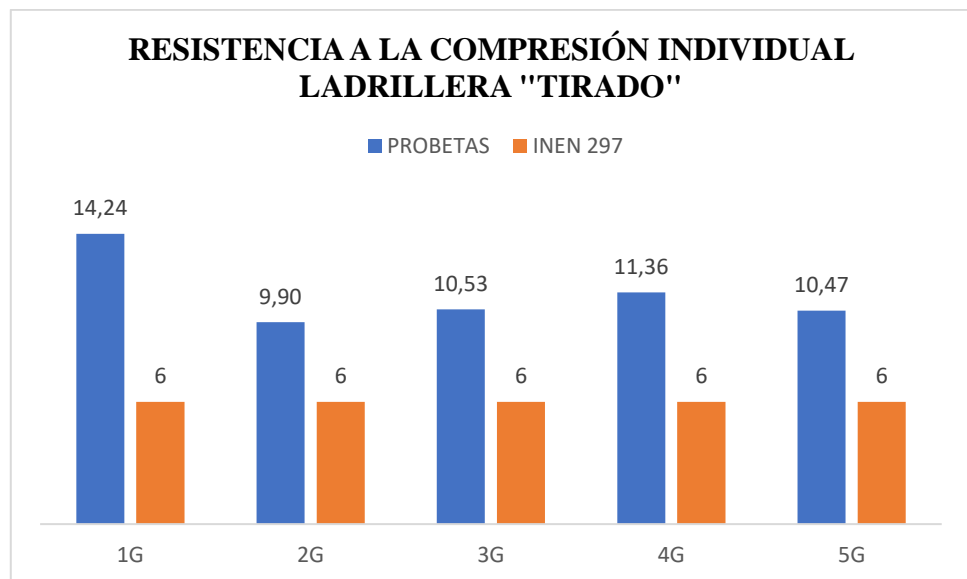


Ilustración 53. Comparación de las probetas "Tirado" con la Norma NTE INEN 297

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

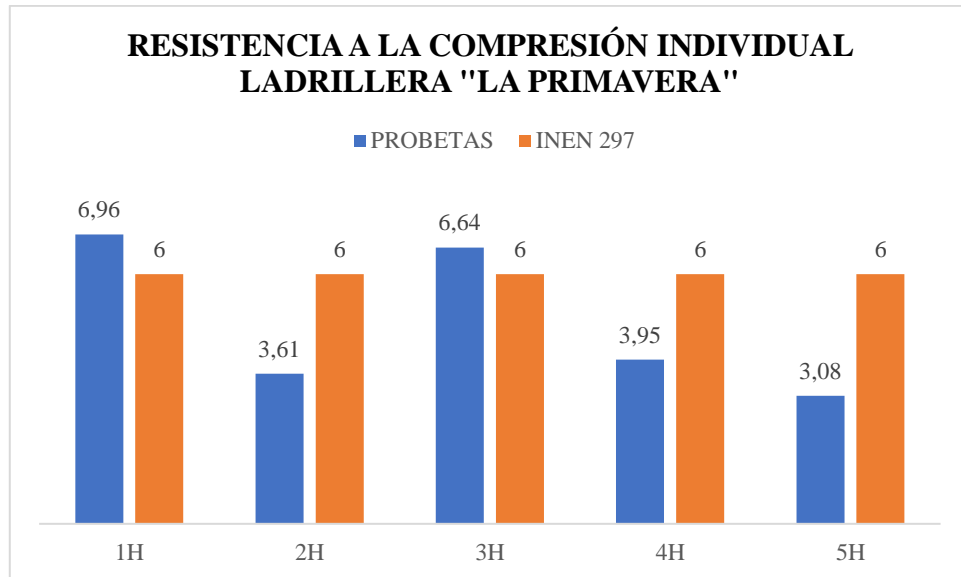


Ilustración 54. Comparación de las probetas "La Primavera" con la Norma NTE INEN 297

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

En la tabla 28, 29 y en los gráficos del 38 al 44 se puede apreciar que el 52.5% de las probetas sometidas al ensayo de Compresión exceden la resistencia mínima individual de 6 Mpa que indica la Tabla 1 de la norma INEN 297 [24].

A continuación, se presentan los valores del ensayo de resistencia a la compresión en un promedio de 5 unidades, y se determina si cumple o no con la norma NTE INEN 297 cada lote:

Tabla 30. Valores resultantes del ensayo de la Determinación de la Compresión en el promedio de 5 unidades de cada lote.

MUESTRAS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN [Mpa]	RESISTENCIA MÍN. A LA COMPRESIÓN EN EL PROMEDIO DE 5 UNIDADES [Mpa]	CUMPLE SI/NO REQUISITOS NORMA INEN 297
SANTA CLARA 1	3,58	8,00	NO
SANTA CLARA 2	10,13	8,00	SI
ARAJUNO	7,80	8,00	NO
DIEZ DE AGOSTO	4,93	8,00	NO
LADRILLERA "EL DURO"	2,77	8,00	NO
LADRILLERA "TIRADO"	11,30	8,00	SI
LADRILLERA "LA PRIMAVERA"	4,85	8,00	NO

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

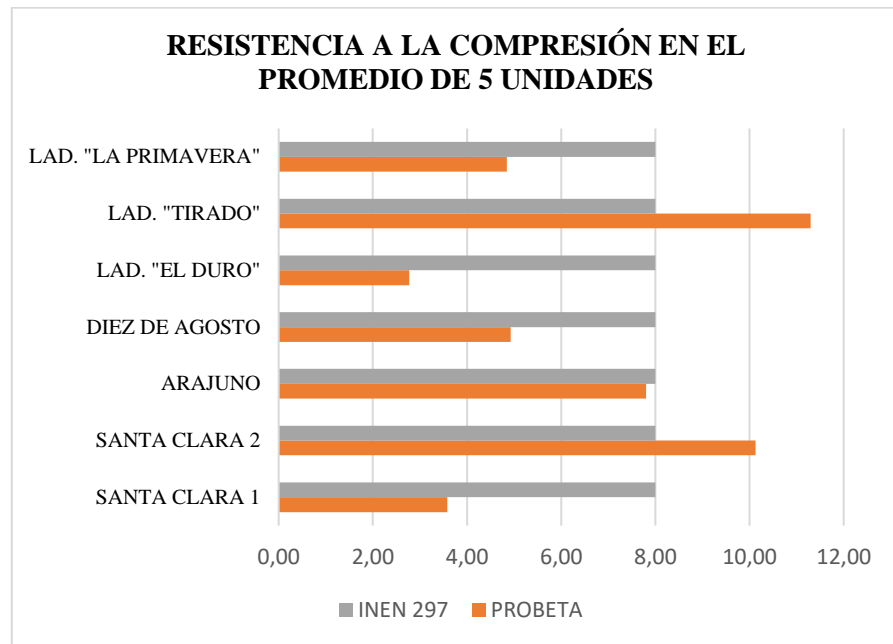


Ilustración 55. Comparación de los valores resultantes de los lotes con la Norma NTE INEN 297

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

En la Tabla 28 y en el Gráfico 45 se puede apreciar que de los cuatro lotes de ladrillos elaborados con suelo arcilloso de Pastaza más “tierra negra” sólo el lote de Santa Clara 2 cumple con la normativa INEN 294, ya que sobrepasa la resistencia mínima en un promedio de 5 unidades de Compresión de 8 Mpa que establece la norma, en cuanto, a los lotes ensayados de las Ladrilleras el que mejor comportamiento mecánico presenta son las probetas de la Ladrillera “Tirado” dando como resultado 11,30 Mpa, siendo el valor más alto en comparación con todos los valores presentados.

3.3 Resultados obtenidos de la determinación de la Resistencia a la Flexión

Para determinar los valores de la resistencia a Flexión, este trabajo experimental se rige a la norma ecuatoriana NTE INEN 295 [27], donde indica que la carga se aplica hasta determinar su resistencia máxima admisible, hasta la rotura de la probeta.

En la Tabla 31 y 32 se determina el promedio que representa la resistencia a la flexión

de cada uno de los lotes sometidos a ensayo.

Tabla 31. Valores resultantes de cada una de las probetas sometidas al Ensayo a Flexión con los ladrillos realizados con 66.66% de suelo arcilloso de la provincia de Pastaza y el 33.33% de la Tierra Negra de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.

UBICACIÓN	PROBETA	DIMENSIÓN [mm]			PESO [g.]	DISTANCIA ENTRE APOYOS (l) [mm]	CARGA DE ROTURA (G) [N]	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN [Mpa]	PROMEDIO [Mpa]
		b	a	d					
SUELO ARCILLOSO + "TIERRA NEGRA"	SANTA CLARA 1	6 ^a	284	127	82	4032	150	66328	8,71
		7 ^a	275	129	81	3940	150	23801	
		8 ^a	283	128	80	3860	150	14921	
		9 ^a	280	130	80	4035	150	10528	
		10 ^a	280	124	85	4221	150	20563	
	SANTA CLARA 2	6B	270	122	75	3877	150	12787	6,33
		7B	276	123	80	3758	150	10028	
		8B	270	122	79	3896	150	12493	
		9B	270	125	80	3747	150	11560	
		10B	277	128	74	3840	150	8524	
	ARAJUNO	6C	274	129	78	4054	150	11406	6,81
		7C	270	127	85	3932	150	13124	
		8C	270	126	81	4046	150	12452	
		9C	271	122	80	4049	150	10399	
		10C	275	129	82	4165	150	13636	
	DIEZ DE AGOSTO	6D	270	125	85	3714	150	7125	6,90
		7D	272	122	83	3733	150	13478	
		8D	270	125	81	3828	150	13148	
		9D	276	127	78	3711	150	72222	
		10D	274	125	80	3766	150	19380	

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Tabla 32. Valores obtenidos de cada una de las probetas sometidas al Ensayo a Flexión de cada uno de los ensayos realizados con los ladrillos convencionales de las Ladrilleras de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.

UBICACIÓN	PROBETA	DIMENSIÓN [mm]			PESO [g.]	DISTANCIA ENTRE APOYOS (l) [mm]	CARGA DE ROTURA (G) [N]	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN [Mpa]	PROMEDIO [Mpa]
		b	a	d					
LADRILLERAS EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA	LAD. "EL DURO"	6F	281	129	80	3794	150	13106	6,1
		7F	285	133	77	4112	150	5866	
		8F	282	130	77	3981	150	8846	
		9F	274	127	80	3795	150	14404	
		10F	281	130	76	3880	150	11105	
	LAD. "TIRADO"	6G	209	100	46	1543	150	1745	3,55
		7G	210	100	45	1507	150	1710	
		7G	203	100	45	1463	150	1962	
		9G	207	100	50	1459	150	1326	
		10G	206	100	46	1460	150	1241	
	LAD. "LA PRIMAVERA"	6H	267	104	89	3421	150	20273	10,34
		7H	268	100	82	3227	150	11766	
		8H	274	102	83	3373	150	20378	
		9H	256	105	87	3398	150	18000	
		10H	266	106	85	3352	150	19969	

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

En la Tabla 33, se muestra los valores finales, es decir la media aritmética de cada uno de los lotes, e indica si cumple o no con la normativa NTE INEN 297, la cual determina que la resistencia mínima a la flexión es de 2 Mpa, todos los lotes cumplen satisfactoriamente:

Tabla 33. Comparación de los promedios de cada lote con la norma NTE INEN 297

MUESTRAS	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN [Mpa]	RESISTENCIA MÍN. A LA FLEXIÓN EN EL PROMEDIO DE 5 UNIDADES [Mpa]	CUMPLE SI/NO REQUISITOS NORMA INEN 297
SANTA CLARA 1	8,71	2,00	SI
SANTA CLARA 2	6,33	2,00	SI
ARAJUNO	6,81	2,00	SI
DIEZ DE AGOSTO	6,90	2,00	SI
LADRILLERA "EL DURO"	6,10	2,00	SI
LADRILLERA "TIRADO"	3,55	2,00	SI
LADRILLERA "LA PRIMAVERA"	10,34	2,00	SI

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

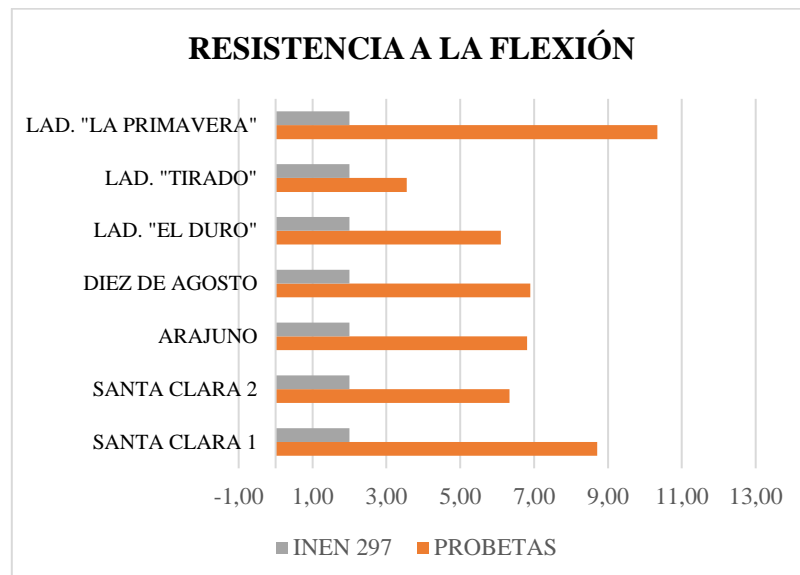


Ilustración 56. Gráfico comparativo de los resultados de la resistencia a la Flexión de cada lote con la norma NTE INEN 297

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

3.4 Resultados obtenidos de la determinación de la capacidad de la Absorción de la Humedad

Tabla 34. Valores obtenidos de la Capacidad de Absorción de Humedad con los ladrillos realizados con 66.66% de suelo arcilloso de la provincia de Pastaza y el 33.33% de la Tierra Negra de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.

SUELO	PROBETA	DIMENSIÓN (mm)			P1 (g.)	P2 (g.)	Absorción % = $\frac{P_2 - P_1}{P_1} * 100$	PROMEDIO (%)	
		L	a	h					
SUELO ARCILLOSO + "TIERRA NEGRA"	SANTA CLARA 1	11A	138	138	85	1979	2557	29,21	27,01
		12A	140	125	84	1984	2524	27,22	
		13A	142	128	89	2124	2676	25,99	
		14A	139	138	83	1877	2425	29,20	
		15A	140	126	80	1926	2377	23,42	
	SANTA CLARA 2	11B	133	124	81	1905	2293	20,37	17,82
		12B	130	123	78	1754	2057	17,27	
		13B	131	128	80	1942	2257	16,22	
		14B	131	124	80	1878	2219	18,16	
		15B	130	125	80	1862	2180	17,08	
	ARAJUNO	11C	126	130	80	1859	2138	15,01	18,48
		12C	131	128	85	2066	2406	16,46	
		13C	135	127	80	1856	2290	23,38	
		14C	134	125	85	2005	2335	16,46	
		15C	140	120	83	1908	2310	21,07	
	DIEZ DE AGOSTO	11D	135	135	81	1914	2388	24,76	26,11
		12D	128	123	80	1714	2174	26,84	
		13D	130	127	81	1731	2238	29,29	
		14D	131	130	86	1975	2457	24,41	
		15D	134	124	85	1804	2260	25,28	

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Tabla 35. Valores obtenidos de la capacidad de Absorción de cada uno de los ensayos realizados con los ladrillos convencionales de las Ladrilleras de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.

SUELO	PROBETA	DIMENSIÓN (mm)			P1 (g.)	P2 (g.)	Absorción % = $\frac{P_2 - P_1}{P_1} * 100$	PROMEDIO (%)	
		L	a	h					
LADRILLERAS EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA	LAD. "EL DURO"	11F	138	130	80	2041	2558	25,33	26,91
		12F	140	130	80	1919	2516	31,11	
		13F	142	132	76	2021	2510	24,2	
		14F	137	137	80	1823	2229	22,27	
		15F	130	133	81	1801	2371	31,65	
	LAD. "TIRADO"	11G	99	100	46	721	886	22,88	21,36
		12G	98	100	46	720	880	22,22	
		13G	98	100	44	718	877	22,14	
		14G	96	100	47	708	843	19,07	
		15G	97	100	46	718	865	20,47	
	LAD. "LA PRIMAVERA"	11H	133	105	84	1694	1996	17,83	16,83
		12H	133	103	86	1757	2003	14	
		13H	132	105	80	1743	2045	17,33	
		14H	131	103	85	1706	2013	18	
		15H	130	102	84	1784	2087	16,98	

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Los datos que se exponen en la tabla anterior, se pueden apreciar de manera más sencilla y concisa en la Tabla 32 y en el Gráfico 47, donde se indica si cumple o no con la norma INEN 297 de manera resumida:

Tabla 36. Valores del Análisis de cada lote de Absorción de Humedad

MUESTRAS	% ABSORCIÓN DE HUMEDAD RESULTADOS	% MÁX. HUMEDAD NTE INEN 297	CUMPLE SI/NO REQUISITOS NORMA INEN 297
SANTA CLARA 1	27,01	25,00	NO
SANTA CLARA 2	17,82	25,00	SI
ARAJUNO	18,48	25,00	SI
DIEZ DE AGOSTO	26,11	25,00	NO
LADRILLERA "EL DURO"	26,91	25,00	NO
LADRILLERA "TIRADO"	21,36	25,00	SI
LADRILLERA "LA PRIMAVERA"	16,83	25,00	SI

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

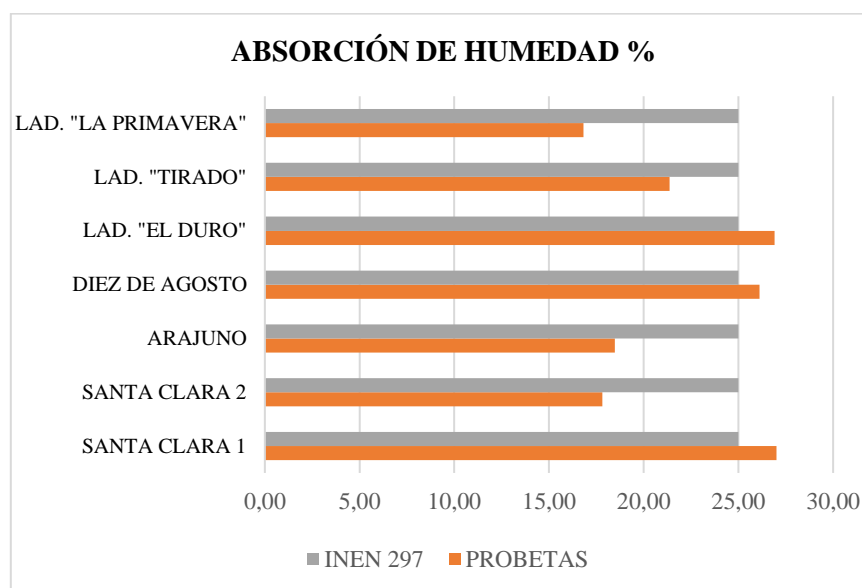


Ilustración 57. Comparación de los promedios obtenidos con la norma NTE INEN 297.

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

Como se muestra en la Tabla 35 y 36, de las probetas elaboradas con suelos arcillosos de la provincia de Pastaza: Santa Clara 1, Santa Clara 2, Arajuno y Diez de Agosto, dos de ellas no cumplen con la norma NTE INEN 297, ya que exceden el 25%, estas probetas son de Santa Clara 1 y Diez de Agosto.

En cuanto al porcentaje de absorción de humedad de las probetas obtenidas de las ladrilleras de la provincia de Tungurahua: Ladrillera “El Duro”, Ladrillera “Tirado” y Ladrillera “La Primavera”, dos de ellas cumplieron satisfactoriamente con la norma NTE INEN 297, a diferencia de las probetas de la ladrillera “El Duro”, que se excedió con 1.91% de absorción de humedad.

Tabla 37. Resumen de los valores obtenidos de cada uno de los ensayos con los ladrillos realizados con 66.66% de suelo arcilloso de la provincia de Pastaza y el 33.33% de la Tierra Negra de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.

SUELOS		CÓDIGO DE LA PROBETA	RES. A LA COMPRESIÓN [Mpa]	CUMPLE SI/NO INEN 297 Ind. mín. 6 [Mpa]	PROM. [Mpa]	CUMPLE SI/NO INEN 297 prom. mín. 8 [Mpa]	CÓDIGO DE LA PROBETA	RES. A LA FLEXIÓN [Mpa]	CUMPLE SI/NO INEN 297 2 [Mpa]	PROM. [Mpa]	CÓDIGO DE LA PROBETA	ABS. DE HUMEDAD [%]	CUMPLE SI/NO INEN 297 max.25%	PROM. [%]
SUELO ARCILLOSO DE PASTAZA + "TIERRA NEGRA"	SANTA CLARA 1	1A	2,03	NO	3,58	NO	6 ^a	3,62	SI	8,71	11A	29,21	NO	27,01
		2A	1,91	NO			7 ^a	13,61	SI		12A	27,22	NO	
		3A	1,37	NO			8 ^a	8,53	SI		13A	25,99	NO	
		4A	8,55	SI			9 ^a	6,02	SI		14A	29,20	NO	
		5A	4,06	NO			10 ^a	11,75	SI		15A	23,42	SI	
	SANTA CLARA 2	1B	11,01	SI	10,13	SI	6B	7,31	SI	6,33	11B	20,37	SI	17,82
		2B	10,90	SI			7B	5,73	SI		12B	17,27	SI	
		3B	9,94	SI			8B	7,14	SI		13B	16,22	SI	
		4B	9,59	SI			9B	6,61	SI		14B	18,16	SI	
		5B	9,20	SI			10B	4,87	SI		15B	17,08	SI	
	ARAJUNO	1C	6,73	SI	7,80	NO	6C	6,41	SI	6,81	11C	15,01	SI	18,48
		2C	6,05	SI			7C	7,49	SI		12C	16,46	SI	
		3C	6,62	SI			8C	6,91	SI		13C	23,38	SI	
		4C	11,00	SI			9C	5,57	SI		14C	16,46	SI	
		5C	8,61	SI			10C	7,67	SI		15C	21,07	SI	
	DIEZ DE AGOSTO	1D	2,99	NO	4,93	NO	6D	4,07	SI	6,90	11D	24,76	SI	26,11
		2D	7,06	SI			7D	7,70	SI		12D	26,84	NO	
		3D	4,25	NO			8D	7,52	SI		13D	29,29	NO	
		4D	3,77	NO			9D	4,13	SI		14D	24,41	SI	
		5D	6,57	SI			10D	11,08	SI		15D	25,28	NO	

Autor:Johanna Alexandra Romero Coyago

Tabla 38. Resumen de los valores obtenidos de cada uno de los ensayos realizados con los ladrillos convencionales de las Ladrilleras de la Provincia de Tungurahua y comparación con la norma NTE INEN 297.

SUELOS		CÓDIGO DE LA PROBETA	RES. A LA COMPRESIÓN [Mpa]	CUMPLE SI / NO INEN 297 Ind. mín. 6 [Mpa]	PROM. [Mpa]	CUMPLE SI / NO INEN 297 prom. mín. 8 [Mpa]	CÓDIGO DE LA PROBETA	RES. A LA FLEXIÓN [Mpa]	CUMPLE SI / NO INEN 297 2 [Mpa]	PROM. [Mpa]	CÓDIGO DE LA PROBETA	ABS. DE HUMEDAD [%]	CUMPLE SI / NO INEN 297 max.25%	PROM. [%]
LADRILLERAS EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA	LAD. "EL DURO"	1F	1,89	NO	2,77	NO	6F	7,49	SI	6,1	11F	25,33	NO	26,91
		2F	3,26	NO			7F	3,35	SI		12F	31,11	NO	
		3F	3,25	NO			8F	5,06	SI		13F	24,2	SI	
		4F	2,06	NO			9F	8,23	SI		14F	22,27	SI	
		5F	3,4	NO			10F	6,35	SI		15F	31,65	NO	
	LAD "TIRADO"	1G	14,24	SI	11,3	SI	6G	3,88	SI	3,55	11G	22,88	SI	21,36
		2G	9,9	SI			7G	3,8	SI		12G	22,22	SI	
		3G	10,53	SI			7G	4,36	SI		13G	22,14	SI	
		4G	11,36	SI			9G	2,95	SI		14G	19,07	SI	
		5G	10,47	SI			10G	2,76	SI		15G	20,47	SI	
	LAD. "LA PRIMAVERA"	1H	6,96	SI	4,85	NO	6H	11,59	SI	10,34	11H	17,83	SI	16,83
		2H	3,61	NO			7H	6,73	SI		12H	14	SI	
		3H	6,64	SI			8H	11,65	SI		13H	17,33	SI	
		4H	3,95	NO			9H	10,29	SI		14H	18	SI	
		5H	3,08	NO			10H	11,42	SI		15H	16,98	SI	

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

3.5 Análisis de Resultados que influyen en la Resistencia a la Compresión

Una vez concluidos con los ensayos tanto físicos como mecánicos, se realizaron las siguientes correlaciones:

3.5.1 Resistencia a la Compresión vs. Módulo de Finura

Tabla 39.Datos de la correlación entre la Resistencia a la Compresión y el Módulo de Finura

Muestra	Resistencia a la Compresión [Mpa]	Módulo de Finura (MF)
Santa Clara 1	3,6	0,069
Diez de agosto	4,9	0,066
Arajuno	7,8	0,058
Santa Clara 2	10,1	0,053

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

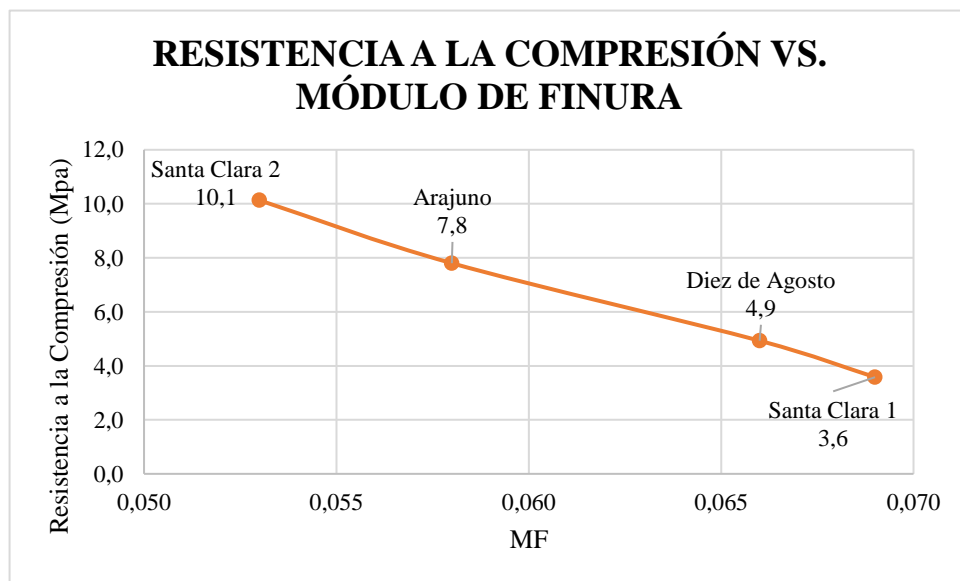


Ilustración 58.Correlación entre la Resistencia a la Compresión y el Módulo de Finura

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

3.5.2 Resistencia a la Flexión vs. Módulo de Finura

Tabla 40. Datos de la correlación entre la Resistencia a la Flexión y el Módulo de Finura

Muestra	Resistencia a la Flexión [Mpa]	Módulo de Finura (MF)
Santa Clara 1	8,7	0,069
Diez de agosto	6,9	0,066
Arajuno	6,8	0,058
Santa Clara 2	6,3	0,053

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

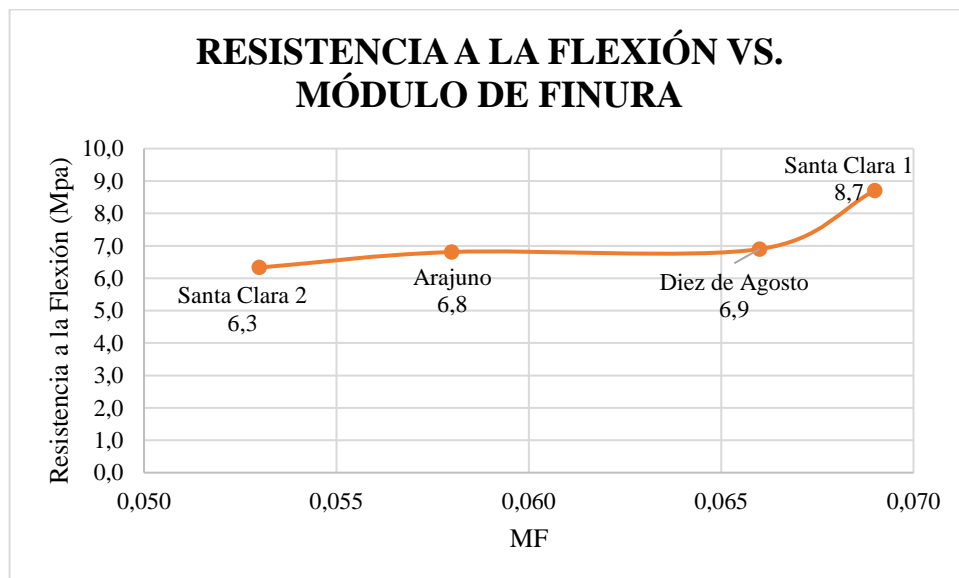


Ilustración 59. Correlación entre la Resistencia a la Flexión y el Módulo de Finura

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

3.5.3 Resistencia a la Compresión vs. Contenido de Sílice (SiO₂)

Tabla 41. Datos de la correlación entre la Resistencia a la Compresión y el contenido de sílice (SiO₂)

Muestra	Resistencia a la Compresión [MPa]	SiO ₂ [%]
Santa Clara 1	3,6	43,0
Diez de agosto	4,9	45,0
Arajuno	7,8	55,0
Santa Clara 2	10,1	59,0

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

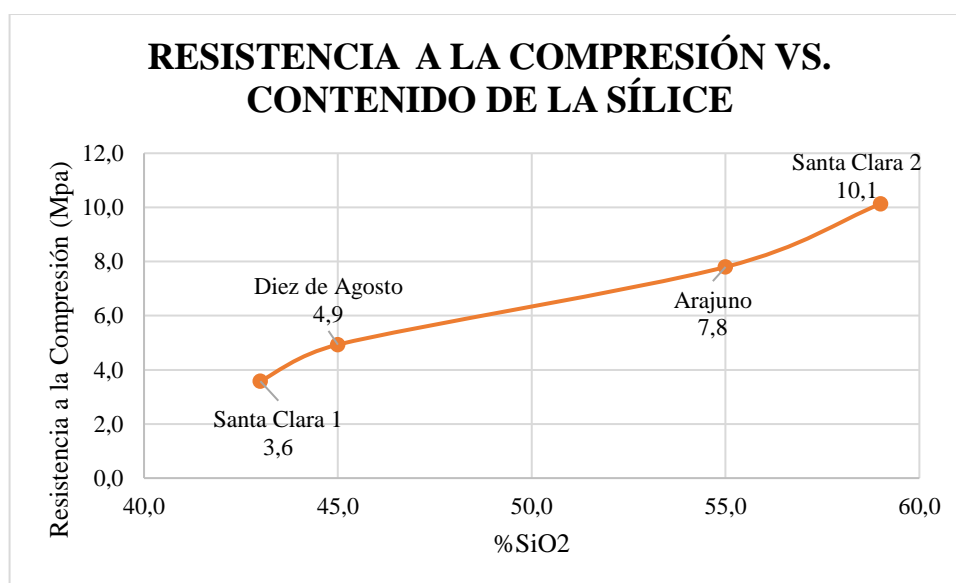


Ilustración 60. Correlación entre la Resistencia a la Compresión y el contenido de sílice (SiO₂)

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

3.5.4 Resistencia a la Flexión vs. Contenido de Sílice (SiO₂)

Tabla 42. Datos de la correlación entre la Resistencia a la Flexión y el contenido de sílice

Muestra	Resistencia a la Flexión (Mpa)	% SiO ₂
Santa Clara 1	8,7	43,0
Diez de agosto	6,9	45,0
Arajuno	6,8	55,0
Santa Clara 2	6,3	59,0

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

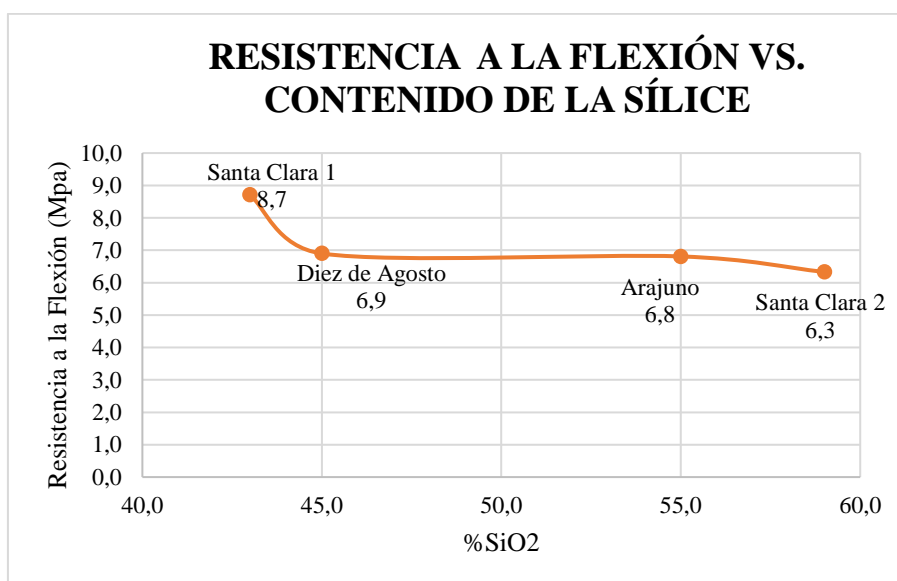


Ilustración 61. Correlación entre la Resistencia a la Flexión y el contenido de sílice (SiO₂)

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago

3.6 Verificación de Hipótesis

Una vez finalizado este trabajo experimental, se logró determinar las propiedades mecánicas de los ladrillos.

- **H: Hipótesis Alternativa**

H: Para determinar el contenido de arcilla de los suelos de los cantones y parroquia correspondientemente, de la provincia de Pastaza, que son: Santa Clara, Arajuno y Diez de Agosto se realiza el ensayo de la “cinta de barro” in situ, y los suelos arcillosos recogidos demostrarán que son aptos para la fabricación de ladrillos artesanales tanto mezclado con la “tierra negra” como con la tierra con similitudes granulométricas extraída también de Pastaza y cumplirán con las normas de métodos de ensayos: INEN 294, INEN 295 y INEN 296.

- **HO: Hipótesis Nula**

HO: Para determinar el contenido de arcilla de los suelos recolectados de los cantones y parroquia, de la provincia de Pastaza, se lleva a cabo la prueba “Cinta de barro” según la norma Peruana E. 080 [20] , dichas localidades son: Santa Clara, Arajuno y Diez de Agosto. Los suelos arcillosos recogidos demostraron que son aptos para la fabricación de ladrillos artesanales en adición con la “tierra negra” originaria de la provincia de Tungurahua, parroquia Cunchibamba, pero no todos cumplieron con las normas establecidas de métodos de ensayos: INEN 294, INEN 295, INEN 296 y INEN 297.

- **H: Hipótesis Alternativa**

H: En el proceso de secado los ladrillos elaborados artesanalmente presentarán la coloración de las tierras arcillosas tomadas en las localidades de la provincia de Pastaza, ya que son predominantes en la mezcla.

- **HO: Hipótesis Nula**

HO: En el proceso de secado los ladrillos elaborados artesanalmente presentaron la coloración de las tierras arcillosas tomadas en las localidades de la provincia de Pastaza, ya que son predominantes en la mezcla.

Se acepta la Hipótesis planteada, pues los ladrillos después de 21 días al aire libre presentaron las coloraciones respectivas de los suelos arcillosos.

- **H: Hipótesis Alternativa**

H: Los ladrillos tendrán mayor resistencia a la compresión, pero debido a que la mayoría de la materia prima será arcilla podrían presentar fisuras o rajaduras al momento de cocción.

- **HO: Hipótesis Nula**

HO: No todos los ladrillos tuvieron una buena resistencia a la compresión, y no presentaron fisuras o rajaduras al momento de cocción debido a que la mayoría de la materia prima era suelo arcilloso.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Una vez ejecutados los ensayos y obtenidos los resultados para establecer las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de construcción se puede concluir:

1. Al llevar a cabo la correlación entre la Resistencia a la Compresión y el Módulo de Finura se pudo concretar que mientras menor es el Módulo de Finura (0,053) mayor es la Resistencia a la Compresión (10,13 MPa).
2. Al realizar la correlación entre la Resistencia a la Flexión y el Módulo de Finura se pudo determinar que mientras menor es el Módulo de Finura (0,053) menor es la Resistencia a la Flexión (6,33 MPa).
3. Las muestras con contenidos menores al 45% de sílice (SiO₂) presentan menor resistencia a la compresión como 3.58 Mpa. y 4.93 Mpa y las muestras con un contenido mayor al 55% de sílice (SiO₂) presentan una mayor resistencia a la compresión como 7,80 Mpa y 10,13 Mpa., siendo el mínimo 8 Mpa., según la INEN 297.
4. Las muestras con contenidos menores al 45% de sílice (SiO₂) presentan mayor resistencia a la flexión como 6,90 Mpa. y 8,71 Mpa siendo el requerido según la norma INEN 297 de 2 Mpa., y las muestras con un contenido mayor al 55% de sílice (SiO₂) presentan una menor resistencia a la flexión como 6,81 Mpa y 6,33 Mpa.
5. Las muestras con el valor del Módulo de Finura mayor a 0.55 no cumplen con la Resistencia a la Compresión según la norma INEN 297.
6. Este trabajo de investigación, resuelve que el suelo arcilloso “Santa Clara 2”, es apto para la elaboración de ladrillos macizos tipo C, ya que contiene

un porcentaje mayor al 55% de contenido de sílice (SiO_2) y el módulo de finura es menor a 0,055.

4.2 Recomendaciones

Al ejecutar este proyecto experimental se recomienda:

1. Trabajar con una dosificación de al menos 2:1, siendo dos partes de arcilla y una parte de “tierra negra”, puesto que la “tierra negra” evitará fisuraciones al momento de la cocción de los ladrillos.
2. Implementar Normas de calidad INEN en las fábricas artesanales con el fin de obtener productos garantizados.
3. Realizar ensayos de Granulometría y Químicos de la materia prima antes de la elaboración de los ladrillos macizos artesanales con el objetivo de conocer si son aptos o no.
4. Moler la arcilla hasta que resulte sumamente fina, para que se integre de manera efectiva en el proceso de amasado.
5. Tabular los datos obtenidos después de los ensayos con cuidado, para evitar errores al procesar y analizar los mismos.
6. Implementar una ladrillera, que use la mezcla de arcilla y tierra negra en la provincia de Pastaza Cantón Santa Clara, ya que, es uno de los cantones que cuenta con un yacimiento propio y es un punto estratégico de distribución hacia la Amazonía ya que se encuentra en la zona centro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

G. S. y. L. Sánchez, «ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, ABSORCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DEL LADRILLO RAFÓN PRODUCIDO EN QUIMISTÁN, CHAMELECÓN Y FLORIDA, HONDURAS,» *Innovare*, vol. 6, n° 116, p. 325, 2017.

W. Arquiguiño, PROPUESTA PARA MEJORAR LA CALIDAD ESTRUCTURAL DE LOS LADRILLOS ARTESANALES DE ARCILLA COCIDA DE HUANUCO, Lima, Perú, 2011.

E. P. Nacional, «Instituto Geofísico,» 29 Enero 2014. [En línea]. Available: <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/content/49-historico?start=70#:~:text=El%20Ecuador%20forma%20parte%20del,de%20la%20cuenca%20del%20Pac%C3%ADfico..> [Último acceso: 05 Enero 2021].

G. Cultrone, ESTUDIO MINERALOGICO-PETROGRÁFICO Y FÍSICO MECÁNICO DE LADRILLOS MACIZOS PARA SU APLICACIÓN EN INTERVENCIONES DEL PATRIMONIO HISTÓRICO, Granada, 2001.

H. Ceppi, «EL LADRILLO, SU HISTORIA, SUS DIVERSAS CLASES Y USOS, SISTEMAS DE FABRICACIÓN Y SU PROGRESO, TAMAÑO MÁS CONVENIENTE DEL LADRILLO,» Santiago, 1889.

A. M., «EL LADRILLO-ORÍGENES Y DESARROLLO,» *FAU-UNNE*, vol. 34, 2009.

M. Luis, DICCIONARIO UNIVERSAL DEL ARTE, Barcelona: Argos-Vergara, 1979.

P. Fausto, «LA IMPORTANCIA DEL LADRILLO EN LA CONSTRUCCIÓN,» *EL TIEMPO*, 1996.

P. Lammer, «EL LADRILLO HUECO, ELEMENTO RESISTENTE EN LA CONSTRUCCIÓN,» *Materiales en la Construcción*, vol. 10, nº 98, 1960.

A. Apolo, OPTIMIZACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA MODIFICAR A NIVEL NANOMOLECULAR LAS PROPIEDADES DE LAS ARCILLAS TIPO MONTMORILLONITA, Guayaquil, 2009.

D. B. J. V. R. A. B. T. H. M. C. Bravo, «CARACTERIZACIÓN SOCIO-AMBIENTAL DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA ECUATORIANA: CASO PASTAZA Y NAPO,» *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, vol. 4, nº 1, 2015.

U. C. ". S. Cañas", ANÁLISIS DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS POR TAMIZADO EN AGREGADO FINO Y GRUESO Y DETERMINACIÓN DE MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ N°200 EN AGREGADO MINERAL, San Salvador.

J. Apaza, CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA DE ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL DE LA CONCESIÓN SAN PEDRO 2000 DEL DISTRITO DE SALCEDO-PUNO, Puno, 2019.

SENA, BALDOSA TABLÓN Y TABLETAS (GRES Y ARCILLA), Colombia: Arte, 1988.

C. G. Santellán, NORMALIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LADRILLO Y TEJAS DEL CANTÓN CHAMBO, Riobamba, 2016.

J. Barrenzuela, PROCESO PRODUCTIVO DE LOS LADRILLOS DE

ARCILLA PRODUCIDOS EN LA REGIÓN PIURA, Piura, Perú:
Universidad de Piura, 2014.

I. 293, *LADRILLOS CERÁMICOS. DEFINICIONES, CLASIFICACIÓN Y CONDICIONES GENERALES.*

M. Sanhueza, *ÁREA DE HORMIGÓN*, Ministerio de Obras Públicas.

H. Jessica, DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA EN VIGAS DE HORMIGÓN, FABRICADO CON MATERIALES PROCEDENTES DE LA CANTERA RAMIREZ, PARA $f'c=21$ MPa., Quito - Ecuador: Universidad Central de Ecuador, 2014.

M. d. V. C. y. Saneamiento, «Norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada,» *Diario Oficial Bicentenario "El Peruano"*, p. 24, 07 Abril 2017.

N. Zea, CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005.

AOHA, *AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.*, Standard Methods for the examination of water and wastewater.: 19th ed. pp. 4 -115, 4-121. APHA, AWWA and WEF. Washington, DC., 1995.

E. E. E. F. G. Guerrero, «MEDICIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN HORNOS A CIELO ABIERTO EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA,

NORTE DE SANTANDER,» *Revista EUGENIO UFPSO*, vol. 14, pp. 53 - 61, 2017.

I. 297, *LADRILLOS CERÁMICOS. REQUISITOS.*

R. Salinas, *CARACTERIZACIÓN TÉRMICA Y MECÁNICA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN MÁS USADOS EN ECUADOR*, Quito: Universidad Internacional SEK, 2018.

N. I. 294, *LADRILLOS CERÁMICOS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.*

N. I. 295, *LADRILLOS CERÁMICOS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.*

N. I. 296, *LADRILLOS CERÁMICOS. DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE LA HUMEDAD.*

I. 292, *LADRILLO CERÁMICO MUESTREO*, Quito, Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana, 1977.

A. Cueva, «*PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN ARAJUNO 2014*,» *Cueva Consultores*, 2014.

CDTERR, «ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL DIEZ DE AGOSTO,» *Consultora Desarrollo Territorial Cía. Ltda*, 2015.

V. H. M. M. F. Bosch, «ANÁLISIS DE SILICATOS: DETERMINACIÓN DE LA SÍLICE POR DESTILACIÓN Y GRAVIMETRÍA COMO F6 Si K2,» *Boletines SEVS*, vol. 18, nº 2, pp. 93 - 96.

ANEXOS

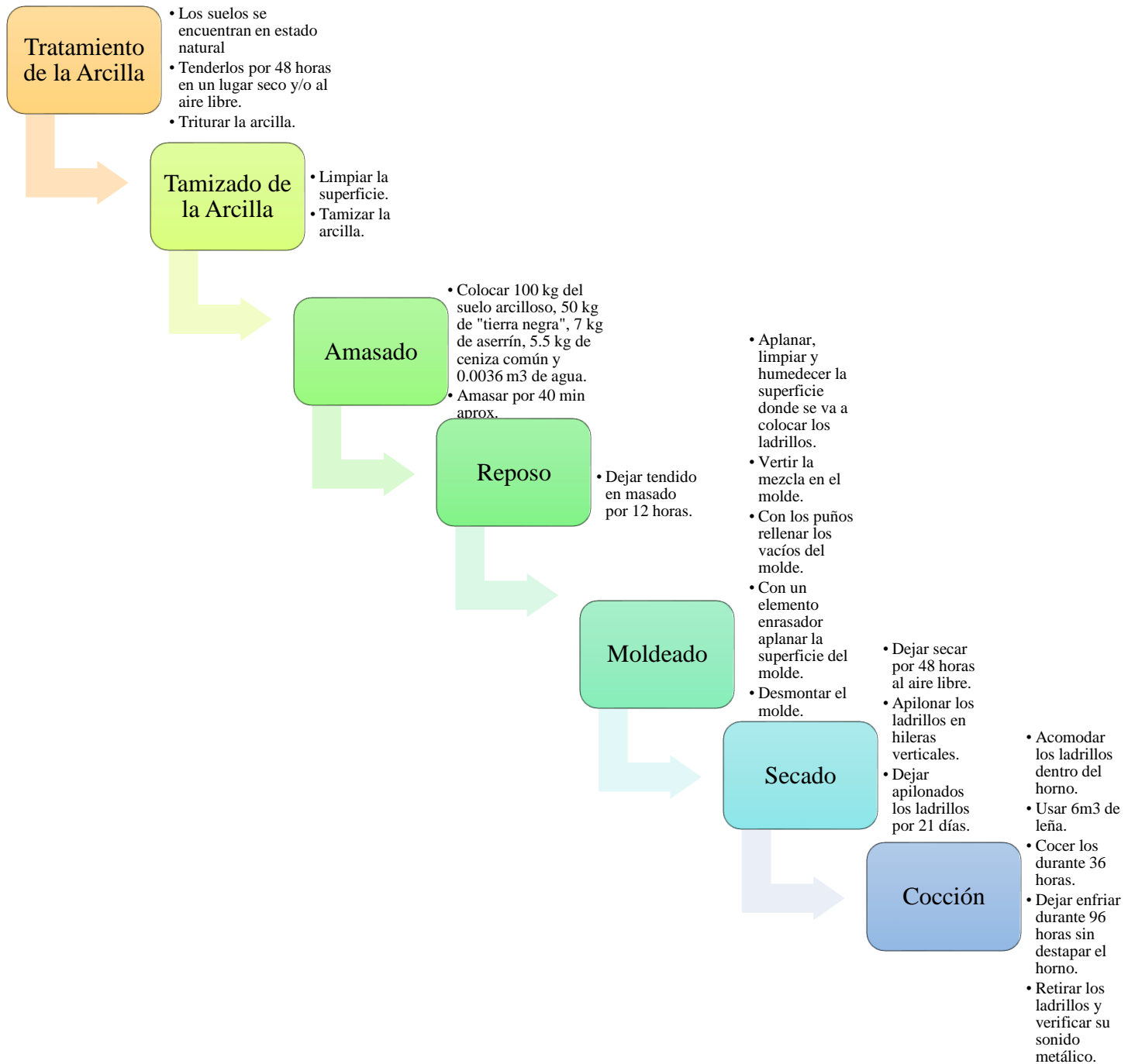
A. Diagrama de proceso de Elaboración de Ladrillos

B. Anexos de los Ensayos de Granulometría

C. Anexos de los Análisis Químicos

D. Archivo Fotográfico

A. Diagrama de proceso de Elaboración de Ladrillos



B.Anexos de los Ensayos de Granulometría



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO: DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LADRILLOS MACIZOS FABRICADOS CON DIFERENTES TIPOS DE ARCILLA DEL CANTÓN PASTAZA Y SU COMPARACIÓN CON EL LADRILLO COMÚN

LOCALIZACION DE LA MUESTRA: PASTAZA **ENSAYADO POR:** Lcdo. Luis Torres

TIPO DE MATERIAL: ARCILLA - ARAJUNO SUPERFICIAL **CALCULADO POR:** Ing. Paulina Salas G.

TUTOR: ING. MG. ALEX FRIAS

ESTUDIANTE: JOHANNA ALEXANDRA ROMERO COYAGO

SOLICITADO POR: ESTUDIANTE **FECHA:** 4/1/2021

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIFICADO SEGÚN MOP-001-F-2002
3"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"	0	0	100	
N # 4	0	0	100	
Pasa el N # 4				
N # 8	10	3	97	
N # 10	10	3	97	
N # 16	10	3	97	
N # 20	15	4	96	
N # 30	15	4	96	
N # 40	15	4	96	
N # 50	15	4	96	
N # 60	15	4	96	
N # 80	35	9	91	
N # 100	35	9	91	
N # 200	115	31	69	
Pasa el 200				
TOTAL				

CUARTEO

Peso total antes del lavado: 400 Peso total antes del lavado: _____

Peso total despues del lavado: 369 Peso total despues del lavado: _____

CONTENIDO DE HUMEDAD				
CAPSULA N°	PESO CAP. + SUELO HUMEDO	PESO CAP. + SUELO SECO	PESO CAPSULA	W %
T	35,80	34,27	16,10	8,42
L	38,25	36,51	16,00	8,48

ORDEN DE TRABAJO No. 001718

Paulina Salas
ING. PAULINA SALAS
TECNICA LABORATORIO CEDICONS

Los Álamos 2. Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
RIOBAMBA – CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032306621
paulinasalasg@yahoo.com.mx



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO: DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LADRILLOS MACIZOS FABRICADOS CON DIFERENTES TIPOS DE ARCILLA DEL CANTÓN PASTAZA Y SU COMPARACIÓN CON EL LADRILLO COMÚN

LOCALIZACION DE LA MUESTRA: PASTAZA **ENSAYADO POR:** Ledo. Luis Torres

TIPO DE MATERIAL: ARCILLA - DIEZ DE AGOSTO **CALCULADO POR:** Ing. Paulina Salas G.

TUTOR: ING. MG. ALEX FRIAS

ESTUDIANTE: JOHANNA ALEXANDRA ROMERO COYAGO

SOLICITADO POR: ESTUDIANTE **FECHA:** 4/1/2021

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIFICADO SEGÚN MOP-001-F-2002
3"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"	0	0	100	
N º 4	0	0	100	
Pasa el N º 4				
N º 8	50	14	86	
N º 10	65	18	82	
N º 16	125	34	66	
N º 20	160	44	56	
N º 30	225	61	39	
N º 40	265	72	28	
N º 50	310	85	15	
N º 60	310	85	15	
N º 80	335	91	9	
N º 100	350	96	4	
N º 200	365	100	0	
Pasa el 200				
TOTAL				

CUARTEO

Peso total antes del lavado: 500 Peso total antes del lavado: _____

Peso total despues del lavado: 366 Peso total despues del lavado: _____

CONTENIDO DE HUMEDAD

CAPSULA N°	PESO CAP. - SUELO HUMEDO	PESO CAP. - SUELO SECO	PESO CAPSULA	W %	
V	31,21	26,97	15,20	36,02	36,53
21	31,47	27,37	16,30	37,04	

ORDEN DE TRABAJO No. 001718

Paulina Salas
ING. PAULINA SALAS
TECNICA LABORATORIO CEDICONS

CEDICONS
CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Los Álamos 2. Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032306621
paulinasalas@yahoo.com.mx



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO: DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LADRILLOS MACIZOS FABRICADOS CON DIFERENTES TIPOS DE ARCILLA DEL CANTÓN PASTAZA Y SU COMPARACIÓN CON EL LADRILLO COMÚN

LOCALIZACION DE LA MUESTRA: PASTAZA **ENSAYADO POR:** Lcdo. Luis Torres

TIPO DE MATERIAL: ARCILLA - SANTA CLARA 2 SUPERFICIAL **CALCULADO POR:** Ing. Paulina Salas G.

TUTOR: ING. MG. ALEX FRIAS

ESTUDIANTE: JOHANNA ALEXANDRA ROMERO COYAGO

SOLICITADO POR: ESTUDIANTE **FECHA:** 4/1/2021

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIFICADO SEGÚN MOP-001-F-2002
3"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"	5	1	100	
3/8"	55	6	95	
Nº 4	275	28	73	
Pasa el Nº 4	725	73		
Nº 8	85	23	50	
Nº 10	95	25	47	
Nº 16	125	33	39	
Nº 20	135	36	37	
Nº 30	140	37	35	
Nº 40	145	39	34	
Nº 50	145	39	34	
Nº 60	150	40	33	
Nº 80	150	40	33	
Nº 100	155	41	31	
Nº 200	160	43	30	
Pasa el 200	114	30		
TOTAL	1000			

CUARTEO

Peso total antes del lavado: 300 Peso total antes del lavado: _____
 Peso total despues del lavado: 274 Peso total despues del lavado: _____

CONTENIDO DE HUMEDAD

CAPSULA N°	PESO CAP. + SUELO HUMEDO	PESO CAP. + SUELO SECO	PESO CAPSULA	W %
X	43,59	41,18	15,70	9,46
12	49,15	46,27	16,10	9,55

9,50

ORDEN DE TRABAJO No. 001718

Paulina Salas
 ING. PAULINA SALAS

TECNICA LABORATORIO CEDICONS

CEDICONS
 CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Los Álamos 2. Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 09871 70820 - 032306621
 paulinasalasg@yahoo.com.mx



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO: DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LADRILLOS MACIZOS FABRICADOS CON DIFERENTES TIPOS DE ARCILLA DEL CANTÓN PASTAZA Y SU COMPARACIÓN CON EL LADRILLO COMÚN

LOCALIZACION DE LA MUESTRA: PASTAZA **ENSAYADO POR:** Lcdo. Luis Torres

TIPO DE MATERIAL: ARCILLA - SANTA CLARA 1 **CALCULADO POR:** Ing. Paulina Salas G.

SUPERFICIAL

TUTOR: ING. MG. ALEX FRIAS

ESTUDIANTE: JOHANNA ALEXANDRA ROMERO COYAGO

SOLICITADO POR: ESTUDIANTE **FECHA:** 4/1/2021

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIFICADO SEGÚN MOP-001-F-2002
3"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
Nº 4	105	11	90	
Pasa el Nº 4	895	90		
Nº 8	30	10	80	
Nº 10	50	16	73	
Nº 16	110	36	54	
Nº 20	140	45	44	
Nº 30	165	53	36	
Nº 40	180	58	31	
Nº 50	185	60	30	
Nº 60	185	60	30	
Nº 80	205	66	23	
Nº 100	210	68	22	
Nº 200	225	73	17	
Pasa el 200	53	17		
TOTAL	1000			

CUARTEO

Peso total antes del lavado: 300 Peso total antes del lavado: _____
 Peso total despues del lavado: 278 Peso total despues del lavado: _____

CONTENIDO DE HUMEDAD

CAPSULA N°	PESO CAP. + SUELO HUMEDO	PESO CAP. + SUELO SECO	PESO CAPSULA	W %
23	41,54	39,72	16,00	7,67
107	43,95	41,94	16,20	7,85

7,76

ORDEN DE TRABAJO No. 001718

Paulina Salas
 ING. PAULINA SALAS
 TÉCNICA LABORATORIO CEDICONS

CEDICONS
 CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Los Álamos 2. Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalas@yahoo.com.mx

C.Anexos de los Análisis Químicos



DATOS DEL CLIENTE

Cliente: Johanna Alexandra Romero Coyago
Dirección: Ambato **Teléfono:** 0987864049 **ID. Lab**
Provincia: Tungurahua **Cantón:** Ambato 352021

INFORMACION DE LA MUESTRA

Tipo de Muestra: Arcillas **Fecha de ensayo:** del 16 de enero al 26 de enero
Fecha de toma de muestra: 2/8/2021 **Dirección de la muestra:** Pastaza
Fecha de recepción en: 3/8/2021
Observaciones: Muestra tomada por el cliente

RESULTADOS

Id.Cliente	Parámetros		
	* % SiO ₂	* p H	*C. E us /cm
Diez de agosto	45,0	5,72	33,6
Arajuno	55,0	7,28	151,20
Santa Clara 1	43,0	7,93	238,00
Santa Clara 2	59,0	7,55	112,40
suelo	47,0	7,25	163,60

Metodo analitico:
 * SiO₂ Gravimetrico
 * p H Electroquimico
 *C.E Electroquimico



Ing. Carlos Mayorga
TOTALCHEM

TotalChem Se responsabiliza unicamente de los análisis mas no de la toma de muestra
 Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basado en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial

tamizajes fitoquímicos
 análisis de agua potable y residuale
 análisis de suelos , analisis de anmienda agricolas

0980622817

D.Archivo Fotográfico



Ilustración 62. Preparación de las probetas para los ensayos de Compresión y Absorción de Humedad.

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago



Ilustración 63. Codificación de las probetas.

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago



Ilustración 64. Toma de las medidas correspondientes de las probetas.

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago



Ilustración 65. Toma del peso de las probetas.

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago



Ilustración 66. Probetas preparadas para ser transportadas al Laboratorio.

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago



Ilustración 67. Máquina de Compresión “Controls” modelo: C78Z00,

Capacidad máx.: 5000 KN

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago



Ilustración 68. Colocación de las probetas en la Máquina de Compresión

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago



Ilustración 69. Máquina de Flexión "Controls"

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago



Ilustración 70. Ensayo de la determinación a la Flexión de una de las probetas.

Autor: Johanna Alexandra Romero Coyago