



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

---

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”**

---

Presentado por:

Bachiller **DAVID FERNANDEZ CHURA**

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

**Ing. EDSON JULIO SALAS FORTÓN**

CUSCO – PERÚ

2019



### **Dedicatoria**

A mi Padre celestial, Dios, por darme la vida y ha sido su voluntad que culmine el estudio universitario.

A mis padres Pedro Fernandez Mamani y Lucía Chura Huaihua, como agradecimiento a su esfuerzo, amor, comprensión y constante apoyo incondicional durante mi formación tanto personal como en los años de mi estudio universitario.

A mis hermanos: Rosa, Américo, Elizabeth, Luis Salomón y Walter, por su apoyo invaluable, y ser referentes de estímulo de superación, que han hecho posible que termine la carrera profesional.



## Agradecimientos

Gratitud a Dios, por su bendición y permitir que logre alcanzar esta meta, que es parte del desarrollo de mi vida.

Agradecer a mis padres por el apoyo incondicional que me brindaron en todo el desarrollo de mi formación, a todos mis hermanos de manera especial a Rosa, Américo, Elizabeth y a todos mis familiares que estuvieron alentándome a seguir adelante.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco que me guiaron a lo largo de mi estudio en las aulas universitarias, compartiendo sus conocimientos y experiencias.

A mi asesor de tesis, que a través de su conocimiento, paciencia y amplia experiencia me ayudó en el desarrollo de la presente investigación.



## Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar y determinar las magnitudes de las propiedades físicas – mecánicas de las tejas cerámicas manufacturadas mediante procesos tradicionales en el centro poblado de Piñipampa – Cusco, utilizando las normas ecuatorianas NTE INEN a falta de una norma técnica nacional que controle y regule la calidad de las tejas cerámicas producidas en el Perú. La teja cerámica es uno de los materiales de construcción de acabado de cubiertas más utilizados en la región del Cusco.

Para el desarrollo de esta investigación se inició con un levantamiento de información básico del proceso de producción tradicional, a través de aplicación de encuesta - entrevista a los productores directos de 41 unidades productoras de tejas de Piñipampa, luego se recolectó unidades de muestra de los lotes de tejas cerámicas producidas en el mes de noviembre del año 2018 para realizar ensayos de variabilidad dimensional, absorción de agua y resistencia a flexión, asimismo ensayos de análisis granulométrico y límites de consistencia de las materias primas utilizadas en la manufactura de la teja cerámica.

De acuerdo a los resultados se determinó: la magnitud de absorción de agua para las tejas cerámicas artesanales es de 15.4%, y para las tejas cerámicas mecanizadas es de 13.1%; la magnitud de la resistencia a la flexión para las tejas cerámicas artesanales en 131.3 Kg, y para la teja cerámica mecanizada en 156.4 Kg; las dimensiones de la teja cerámica artesanal son: largo 41.97 cm, ancho mayor 18.50 cm, ancho menor 15.68 cm, flecha mayor 4.22 cm, flecha menor 3.65 cm, espesor 1.09 cm; y de la teja cerámica mecanizada son: largo 42.28 cm, ancho mayor 18.43 cm, ancho menor 15.65 cm, flecha mayor 4.25 cm, flecha menor 3.41 cm, espesor 1.05 cm. Demostrándose parcialmente la hipótesis planteada en la tesis.

Las tejas cerámicas manufacturadas con procesos tradicionales en la localidad de Piñipampa cumplen parcialmente las condiciones y requerimientos establecidos por las normas NTE INEN. Siendo las tejas cerámicas mecanizadas de mejor calidad que sus similares de tejas cerámicas artesanales.

El presente trabajo de investigación puede representar una referencia para la elaboración de una futura norma técnica peruana para las tejas cerámicas.

Palabras clave: Teja cerámica, absorción de agua, resistencia a la flexión.



### Abstract

The objective of this research work was to evaluate and determine the magnitudes of the physical - mechanical properties of clay roof tiles manufactured by traditional processes in the town of Piñipampa - Cusco. Using the NTE INEN Ecuadorian standards in the absence of a national technical standard that controls and regulates the quality of clay roof tiles produced in Peru. Clay roof tile is one of the most commonly used roof finishing construction materials in the Cusco region.

For the development of this research began with a survey of basic information of the traditional production process, through survey application - interview with the direct producers of 41 units producing clay roof tiles Piñipampa , then sample units were collected from the tiles of clay roof tiles produced in the month of November 2018 to perform tests of dimensional variability, water absorption and flexural strength, as well as granulometric analysis tests and raw material consistency limits. Used in the manufacture of clay roof tiles.

According to the results, it was determined: the magnitude of water absorption for artisanal clay roof tiles is 15.4%, and for mechanized clay roof tiles is 13.1%; the magnitude of the flexural strength for handcrafted clay roof tiles in 131.3 Kg, and for the mechanized clay roof tile in 156.4 Kg; the dimensions of the traditional clay roof tile are: length 41.97 cm, width greater 18.50 cm, width less 15.68 cm, arrow greater 4.22 cm, arrow minor 3.65 cm, thickness 1.09 cm; and of the mechanized clay roof tile are: length 42.28 cm, width greater 18.43 cm, width smaller 15.65 cm, arrow major 4.25 cm, arrow minor 3.41 cm, thickness 1.05 cm. Demonstrating partially the hypothesis proposed in the thesis.

The clay roof tiles manufactured with traditional processes in the town of Piñipampa partially meet the conditions and requirements established by the NTE INEN standards. The clay roof tiles are better quality machined than similar clay roof tiles artisan.

The present research work can represent a reference for the elaboration of a future technical norm for clay roof tiles.

Keywords: Clay roof tile, water absorption, resistance to bending.



## Introducción

En la región del Cusco, uno de los materiales de construcción de acabados de cubiertas de viviendas y edificaciones más utilizadas son las tejas cerámicas. Los cuales se utilizan actualmente sin un conocimiento objetivo de su comportamiento físico – mecánico, el que se determina a través de ensayos en laboratorio, y este hecho se encuentra fuera del contexto de control que la ingeniería exige.

De acuerdo a la tasa de crecimiento del sector de construcción de viviendas de nuestra región existe demanda de más viviendas, por lo tanto también existe demanda de más materiales de construcción, de acabados de cobertura de techos en viviendas y otras edificaciones. Estos materiales cerámicos de arcilla cocida tienen ventajas frente a otros tipos de materiales de acabados de cubierta, como es su estética tradicional, su durabilidad, su fabricación de materia prima natural y propiedades particulares que le dan un confort al ser humano.

Las tejas cerámicas se manufacturan en el centro poblado de Piñipampa mediante procesos tradicionales, obteniéndose tejas cerámicas artesanales y mecanizadas. La producción de tejas cerámicas en Piñipampa data de hace más de 70 años, y aún a la fecha no existen estudios de investigación de sus propiedades físicas – mecánicas, que permitan demostrar la calidad de estos materiales de construcción de acabados de cubiertas o por el contrario muestre sus deficiencias.

En el ordenamiento técnico legal de nuestro país no existe norma alguna para la evaluación de las tejas cerámicas, sin embargo ciudades con características climatológicas semejantes al Cusco como son Quito, Riobamba y Cuenca en el país de Ecuador cuentan con normas técnicas para evaluar sus requisitos y propiedades físicas – mecánicas, por lo que es posible evaluar las propiedades físicas – mecánicas de las tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa.

Por ello este estudio se realiza para aproximarnos aún más al conocimiento objetivo del comportamiento físico – mecánico de las tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa y aportar con la realización de la presente investigación que utiliza criterios de evaluación de normas extranjeras aplicadas en las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas producidos en el centro poblado de Piñipampa, con ello ayudar a mejorar la calidad de las tejas cerámicas, puesto que es uno de los materiales de construcción de acabados de cubiertas de viviendas y edificaciones más utilizados en nuestra región.

Para iniciar la presente investigación es necesario realizar un levantamiento de información básico a través de encuesta – entrevista a los productores directos para la caracterización de los



procesos tradicionales con los que se manufactura la teja cerámica en Piñipampa, con ello tener un mejor entendimiento de los factores complementarios que influyen en las propiedades físicas – mecánicas de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas. Indicándose también que la manufactura de tejas cerámicas en Piñipampa no cuenta con estadísticas oficiales acerca de su producción, vale decir que este sector productivo está descuidado y casi abandonado por las instancias gubernamentales.

La investigación para su desarrollo hace uso de las normas técnicas ecuatorianas formuladas por el Servicio Nacional de Normalización INEN, a falta de normas técnicas peruanas para materiales de acabados de cubiertas de viviendas y edificaciones.

Entonces esta investigación busca evaluar las propiedades físicas de las tejas cerámicas como son la absorción de agua a través de la norma NTE INEN 989 (1984), la variabilidad dimensional a través de la norma NTE INEN 986 (1984). Y la propiedad del comportamiento mecánico de resistencia a la flexión de las tejas cerámicas a través de la norma NTE INEN 988 (1984), asimismo el cumplimiento de los requisitos establecido por la norma NTE INEN 990 (1984). Finalmente se realiza ensayos de calidad de las materias primas para sugerir recomendaciones que contribuyan a mejorar la calidad de las tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa – Cusco.

En el primer capítulo de la investigación, se dará a conocer el planteamiento del problema con las limitaciones y justificaciones respectivas; para luego pasar al segundo capítulo donde se construye el marco teórico y los antecedentes en otras investigaciones sobre los cuales nos basamos. En el tercer capítulo se menciona la metodología usada, para así proseguir con el cuarto capítulo que muestra los resultados obtenidos luego del análisis, en el quinto capítulo se tiene las discusiones, y finalmente se logra las conclusiones, recomendaciones y otros anexos.



**Índice General**

Dedicatoria ..... i

Agradecimientos..... ii

Resumen .....iii

Abstract .....iv

Introducción ..... v

Índice General ..... vii

**Capítulo I: Planteamiento del problema** ..... 1

1.1. Identificación del problema..... 1

1.1.1. Descripción del problema..... 1

1.1.2. Formulación interrogativa de la investigación. .... 5

1.2. Justificación e importancia de la investigación ..... 6

1.2.1. Justificación técnica. .... 6

1.2.2. Justificación social. .... 6

1.2.3. Justificación por viabilidad. .... 7

1.2.3. Justificación por relevancia. .... 7

1.3. Limitaciones de la investigación ..... 8

1.3.1. Limitación de denominación de las tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa. .... 8

1.3.2. Limitación espacial. .... 9

1.3.3. Limitación temporal. .... 9

1.3.4. Limitación de ensayos y normativa..... 10

1.3.5. Limitación de equipos. .... 10

1.3.6. Limitaciones por el material..... 10

1.4. Objetivo de la investigación ..... 11

1.4.1. Objetivo general. .... 11

1.4.2. Objetivos específicos..... 11

**Capítulo II: Marco teórico** ..... 13

2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual..... 13

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional. .... 13

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional..... 18

2.2. Aspectos teóricos pertinentes ..... 26

2.2.1. Aspectos generales. .... 26

2.2.2. Normatividad..... 53

2.2.3. Manufactura de tejas cerámicas de Piñipampa. .... 71





2.3. Hipótesis..... 80

2.3.1. Hipótesis general. .... 80

2.3.2. Sub Hipótesis..... 80

2.4. Definición de variables..... 81

2.4.1. Variables independientes..... 81

2.4.2. Variables dependientes..... 82

2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables. .... 83

**Capítulo III: Metodología..... 84**

3.1. Metodología de la investigación ..... 84

3.1.1. Enfoque de la investigación. .... 84

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación. .... 84

3.1.3. Método de investigación. .... 85

3.2. Diseño de la investigación..... 85

3.2.1. Diseño metodológico..... 85

3.2.2. Diseño de Ingeniería..... 86

3.3. Población y Muestra..... 88

3.3.1. Población..... 88

3.3.2. Muestra..... 88

3.3.3. Criterios de inclusión. .... 92

3.4.1. Instrumentos metodológicos e instrumentos de recolección de datos..... 93

3.4.2. Instrumentos de ingeniería. .... 101

3.5. Procedimiento de recolección de datos ..... 101

3.5.1. Procedimiento de recolección de datos de campo..... 101

3.5.2. Procedimiento de recolección de datos de laboratorio..... 117

3.6. Procedimiento de análisis de datos..... 170

3.6.1 Encuesta. .... 170

3.6.2 Ensayo de propiedades físicas de las tejas cerámicas. .... 180

3.6.3 Ensayo de la propiedad mecánica de la teja cerámica. .... 200

3.6.4. Ensayo de suelos utilizados en la manufactura de tejas cerámicas. .... 206

**Capítulo IV: Resultados..... 228**

4.1. Resultados de encuesta respecto a la dosificación de materias primas ..... 228

4.1.1. Dosificación típica de materias primas en la manufactura de las tejas cerámicas artesanales. .... 228

4.1.2. Dosificación típica de materias primas en la manufactura de las tejas cerámicas mecanizadas. .... 229

4.2. Resultados de ensayos de propiedades físicas..... 229



4.2.1. Resultados de ensayos de variabilidad dimensional. .... 229

4.2.2. Resultados de ensayos de absorción de agua. .... 232

4.3. Resultado de ensayo de la propiedad mecánica ..... 235

4.3.1. Resultado de ensayo de resistencia a la flexión de tejas cerámicas artesanales..... 235

4.3.2. Resultado de ensayo de resistencia a la flexión de tejas cerámicas mecanizadas..... 236

4.4. Resultados de ensayos de suelos utilizados en la manufactura de tejas cerámicas..... 238

4.4.1. Resultados de ensayos de análisis granulométrico por tamizado de arcillas y arena fina después del proceso de trituración. .... 238

4.4.2. Resultados de ensayos de límite líquido y límite plástico de las arcillas y dosificaciones utilizadas en la manufactura de tejas cerámicas. .... 240

4.4.3. Resultados de la clasificación de suelos (arcillas) utilizados en la manufactura de tejas cerámicas en Piñipampa..... 241

4.4.4. Análisis granulométrico por tamizado de suelo (arcillas) utilizado en la manufactura de las tejas cerámicas en Piñipampa..... 241

**Capítulo V: Discusión** ..... 244

**Conclusiones** ..... 255

**Recomendaciones** ..... 258

**Referencias Bibliográficas** ..... 260

**Referencias de Internet**..... 261

**Anexos** ..... 263

Anexo 1: Matriz de Consistencia ..... 264

Anexo 2: Tabla de distribución t – Student..... 265

Anexo 3: Evaluación del peso de las tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa – Cusco, noviembre 2018. .... 266

Anexo 4: Evaluación de los tipos de rotura de las tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa – Cusco, noviembre 2018. .... 267

Anexo 5: Normas Técnicas Ecuatorianas INEN ..... 268



Índice de Tablas

Tabla 1: Distribución de viviendas en región Cusco según material de techo de vivienda. .... 3

Tabla 2: Dimensiones promedio de las tejas coloniales producidas en San Jerónimo – Cusco.  
..... 14

Tabla 3: Resultado de saturación de agua después de 24 horas en teja colonial producida en San Jerónimo – Cusco. .... 14

Tabla 4: Absorción de agua de las briquetas cerámicas en diferentes formulaciones de mezclas. .... 16

Tabla 5: Resistencia a la flexión de tejas de microcemento hechos en laboratorio (a 28 días).  
..... 17

Tabla 6: Resistencia a la flexión de tejas de microcemento comercializadas en la ciudad de Lima. .... 17

Tabla 7: Resultado de determinación de la absorción de agua de las tejas cerámicas fabricadas en Canton Chambo – Ecuador..... 19

Tabla 8: Resultado de determinación de resistencia a la flexión de las tejas las cerámicas fabricadas en Canton Chambo – Ecuador..... 19

Tabla 9: Caracterización física, mecánica y térmica de adobes de la Provincia de Pichincha – Ecuador. .... 20

Tabla 10: Caracterización física, mecánica y térmica de tejas cerámicas curvas artesanales de las Provincias de Imbabura, Cotopaxi y Pichincha – Ecuador. .... 20

Tabla 11: Resultado de resistencia a la flexión de las tejas fabricadas en la parroquia de San Sebastián de la ciudad de Cuenca – Ecuador..... 21

Tabla 12: Resultado de absorción de agua en tejas fabricadas en la parroquia de San Sebastián de la ciudad de Cuenca – Ecuador. .... 21

Tabla 13: Resultado de resistencia a la flexión de las tejas con frita mejorada fabricadas en la Parroquia de San Sebastián de la ciudad de Cuenca – Ecuador. .... 22

Tabla 14: Resultado de absorción de agua por las tejas con frita mejorada fabricadas en la Parroquia de San Sebastián de la ciudad de Cuenca – Ecuador. .... 22

Tabla 15: Dimensiones promedio de las tejas elaboradas en la Parroquia de San Sebastián de la ciudad de Cuenca – Ecuador..... 23

Tabla 16: Resultado de caracterización dimensional y peso de tejas nuevas y antiguas fabricadas en la Provincia de Segovia – España..... 24

Tabla 17: Resultados promedios de absorción en 24 horas de inmersión de tejas nuevas y antiguas fabricadas en la provincia de Segovia – España..... 24

Tabla 18: Resultados promedios de la capacidad resistente a flexión de las tejas nuevas y antiguas fabricadas en la provincia de Segovia – España..... 24

Tabla 19: Absorción de agua de las tejas cerámicas de municipio de Ocaña - Colombia. .... 26

Tabla 20: Elementos más comunes de la corteza terrestre..... 27

Tabla 21: Resultado de ensayos de compresión en ladrillos usando diferentes testigos..... 29

Tabla 22: Valores normalizados de la resistencia a la flexión de tejas cerámicas. .... 54

Tabla 23: Valores normalizados de la absorción de agua de las tejas cerámicas..... 55

Tabla 24: Plan de muestreo de las tejas cerámicas..... 57

Tabla 25: Tamices para suelos arenosos con granos finos..... 60

Tabla 26: Sistema de clasificación de suelos AASHTO. .... 68



Tabla 27: Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). ..... 71

Tabla 28: Cuantificación de la población de tejerías activas de Piñipampa – Cusco. .... 88

Tabla 29: Cuantificación de la muestra. .... 90

Tabla 30: Formato de recolección de datos del acta de muestreo de las tejas cerámicas. .... 95

Tabla 31: Formato de recolección de datos para el ensayo de variabilidad dimensional. .... 96

Tabla 32: Formato de recolección de datos para el ensayo de resistencia a la flexión. .... 97

Tabla 33: Formato de recolección de datos para el ensayo de absorción de agua. .... 98

Tabla 34: Formato de recolección de datos para el ensayo de análisis granulométrico de materias primas obtenidas del proceso de trituración. .... 99

Tabla 35: Formato de recolección de datos para el ensayo de análisis granulométrico de materias primas obtenidas del proceso de trituración para clasificación del suelo. 99

Tabla 36: Formato de recolección de datos para el ensayo de límite líquido. .... 100

Tabla 37: Formato de recolección de datos para el ensayo de límite plástico. .... 100

Tabla 38: Toma de datos de condición de propiedad de las unidades de producción (tejerías). ..... 103

Tabla 39: Toma de datos del tipo de teja que manufacturan las tejerías de Piñipampa. .... 104

Tabla 40: Toma de datos de la procedencia de materias primas que utilizan las tejerías de Piñipampa. .... 105

Tabla 41: Toma de datos de la dosificación de materias primas. .... 106

Tabla 42: Toma de datos de las maquinarias utilizadas en la manufactura de tejas cerámicas. .... 107

Tabla 43: Toma de datos de la forma de secado de las tejas cerámicas en las tejerías de Piñipampa. .... 108

Tabla 44: Toma de datos de combustibles utilizados por los hornos tradicionales de Piñipampa. .... 109

Tabla 45: Toma de datos del tiempo y cantidad de combustible utilizado en cocción de tejas cerámicas de Piñipampa. .... 110

Tabla 46: Toma de datos de la temperatura de cocción de las tejas cerámicas de Piñipampa. .... 111

Tabla 47: Toma de datos de la capacidad de los hornos tradicionales de Piñipampa (millares). ..... 112

Tabla 48: Toma de datos de la producción mensual de las tejerías de Piñipampa por temporada. .... 113

Tabla 49: Toma de datos de criterios de selección aplicados a las tejas de Piñipampa. .... 114

Tabla 50: Toma de datos del acta de muestreo de las tejerías de Piñipampa. .... 116

Tabla 51: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde A1 hasta A5. .... 119

Tabla 52: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde A6 hasta A10. .... 120

Tabla 53: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde A11 hasta A15. .... 121

Tabla 54: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde A16 hasta A20. .... 122

Tabla 55: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde M1 hasta M5. .... 123

Tabla 56: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde M6 hasta M10. .... 124

Tabla 57: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde M11 hasta M15. .... 125

Tabla 58: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde M16 hasta M20. .... 126

Tabla 59: Ensayo de variabilidad dimensional de la muestra M21. .... 127



Tabla 60: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras A1 hasta A5. .... 131

Tabla 61: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras A6 hasta A10. .... 132

Tabla 62: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras A11 hasta A15. .... 133

Tabla 63: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras A16 hasta A20. .... 134

Tabla 64: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras M1 hasta M5. .... 135

Tabla 65: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras M6 hasta M10. .... 136

Tabla 66: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras M11 hasta M15. .... 137

Tabla 67: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras M16 hasta M20. .... 138

Tabla 68: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de la muestra M21..... 139

Tabla 69: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras A1 hasta A6. .... 142

Tabla 70: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras A7 hasta A12. ... 143

Tabla 71: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras A13 hasta A18. . 144

Tabla 72: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras A19 hasta A20. . 145

Tabla 73: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras M1 hasta M6..... 146

Tabla 74: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras M7 hasta M12... 147

Tabla 75: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras M13 hasta M18. 148

Tabla 76: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras M19 hasta M21. 149

Tabla 77: Toma de datos para análisis granulométrico de arcilla de Piñipampa triturada utilizada en la manufactura de tejas cerámicas. .... 152

Tabla 78: Toma de datos para análisis granulométrico de arcilla de Querarpata triturada utilizada en la manufactura de tejas cerámicas. .... 152

Tabla 79: Toma de datos para análisis granulométrico de arcilla de San Jerónimo triturada utilizada en la manufactura de tejas cerámicas. .... 153

Tabla 80: Toma de datos para análisis granulométrico de arena fina de Piñipampa utilizada en la manufactura de tejas cerámicas. .... 153

Tabla 81: Toma de datos para análisis granulométrico de arcilla de Piñipampa para su clasificación según SUCS y AASHTO..... 156

Tabla 82: Toma de datos para análisis granulométrico de arcilla de Querarpata para su clasificación según SUCS y AASHTO..... 156

Tabla 83: Toma de datos para análisis granulométrico de arcilla de San Jerónimo para su clasificación según SUCS y AASHTO..... 157

Tabla 84: Toma de datos para ensayo de límite líquido de arcilla de Piñipampa. .... 160

Tabla 85: Toma de datos para ensayo de límite líquido de arcilla de Querarpata. .... 160

Tabla 86: Toma de datos para ensayo de límite líquido de arcilla de San Jerónimo. .... 160

Tabla 87: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 90% de arcilla de Piñipampa y 10% arena fina. .... 161



Tabla 88: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 90% de arcilla de Querarpata y 10% arena fina. .... 161

Tabla 89: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 90% de arcilla de San Jerónimo y 10% arena fina. .... 161

Tabla 90: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 70% de arcilla de Piñipampa y 30% arena fina. .... 162

Tabla 91: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 70% de arcilla de Querarpata y 30% arena fina. .... 162

Tabla 92: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 70% de arcilla de San Jerónimo y 30% arena fina. .... 162

Tabla 93: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 40% de arcilla de Piñipampa + 30% arcilla de San Jerónimo y 30% arena fina. .... 163

Tabla 94: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 40% de arcilla de Querarpata + 30% arcilla de San Jerónimo y 30% arena fina. .... 163

Tabla 95: Toma de datos para ensayo de límite plástico de la arcilla de Piñipampa. .... 166

Tabla 96: Toma de datos para ensayo de límite plástico de la arcilla de Querarpata. .... 166

Tabla 97: Toma de datos para ensayo de límite plástico de la arcilla de San Jerónimo. .... 166

Tabla 98: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 90% de arcilla de Piñipampa y 10% arena fina. .... 167

Tabla 99: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 90% de arcilla de Querarpata y 10% arena fina. .... 167

Tabla 100: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 90% de arcilla de San Jerónimo y 10% arena fina. .... 167

Tabla 101: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 70% de arcilla de Piñipampa y 30% arena fina. .... 168

Tabla 102: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 70% de arcilla de Querarpata y 30% arena fina. .... 168

Tabla 103: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 70% de arcilla de San Jerónimo y 30% arena fina. .... 168

Tabla 104: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 40% de arcilla de Piñipampa + 30% de arcilla de San Jerónimo y 30% arena fina. .... 169

Tabla 105: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 40% de arcilla de Querarpampa + 30% de arcilla de San Jerónimo y 30% arena fina. ... 169

Tabla 106: Dosificación de materias primas utilizadas por productores de tejas cerámicas de Piñipampa, noviembre 2018. .... 173

Tabla 107: Estadísticos para determinar el largo de las tejas cerámicas artesanales. .... 181

Tabla 108: Estadísticos para determinar el ancho mayor de las tejas cerámicas artesanales. 182

Tabla 109: Estadísticos para determinar el ancho menor de las tejas cerámicas artesanales. 182

Tabla 110: Estadísticos para determinar la flecha mayor de las tejas cerámicas artesanales. 183

Tabla 111: Estadísticos para determinar la flecha menor de las tejas cerámicas artesanales. 183

Tabla 112: Estadísticos para determinar el espesor de las tejas cerámicas artesanales. .... 184

Tabla 113: Determinación de la variabilidad dimensional de las tejas cerámicas artesanales. .... 184

Tabla 114: Estadísticos para determinar el largo de las tejas cerámicas mecanizadas. .... 187



Tabla 115: Estadísticos para determinar el ancho mayor de las tejas cerámicas mecanizadas. .... 188

Tabla 116: Estadísticos para determinar el ancho menor de las tejas cerámicas mecanizadas. .... 188

Tabla 117: Estadísticos para determinar la flecha mayor de las tejas cerámicas mecanizadas. .... 189

Tabla 118: Estadísticos para determinar la flecha menor de las tejas cerámicas mecanizadas. .... 189

Tabla 119: Estadísticos para determinar el espesor de las tejas cerámicas mecanizadas..... 190

Tabla 120: Determinación de la variabilidad dimensional de las tejas cerámicas mecanizadas. .... 190

Tabla 121: Estadísticos para determinar la absorción de agua de las tejas cerámicas artesanales. .... 195

Tabla 122: Estadísticos para determinar la absorción de agua de las tejas cerámicas mecanizadas..... 196

Tabla 123: Determinación de la absorción de agua de las tejas cerámicas artesanales. .... 196

Tabla 124: Determinación de la absorción de agua de las tejas cerámicas mecanizadas. .... 198

Tabla 125: Estadísticos para determinar resistencia a la flexión de las tejas cerámicas artesanales. .... 201

Tabla 126: Estadísticos para determinar resistencia a la flexión de las tejas cerámicas mecanizadas..... 201

Tabla 127: Determinación de la resistencia a la flexión de las tejas cerámicas artesanales desde A1 hasta A20. .... 202

Tabla 128: Magnitud de la resistencia a la flexión de las tejas cerámicas mecanizadas (M1-M21). .... 203

Tabla 129: Determinación de límite líquido de la arcilla de Piñipampa. .... 206

Tabla 130: Determinación de límite líquido de la arcilla de Querarpata. .... 206

Tabla 131: Determinación de límite líquido de la arcilla de San Jerónimo. .... 207

Tabla 132: Determinación de límite líquido de la dosificación 90% arcilla de Piñipampa con 10% arena fina..... 207

Tabla 133: Determinación de límite líquido de la dosificación 90% arcilla de Querarpata con 10% arena fina..... 207

Tabla 134: Determinación de límite líquido de la dosificación 90% arcilla de San Jerónimo con 10% arena fina. .... 207

Tabla 135: Determinación de límite líquido de la dosificación 70% arcilla de Piñipampa con 30% arena fina..... 207

Tabla 136: Determinación de límite líquido de la dosificación 70% arcilla de Querarpata con 30% arena fina..... 208

Tabla 137: Determinación de límite líquido de la dosificación 70% arcilla de San Jerónimo con 30% arena fina. .... 208

Tabla 138: Determinación de límite líquido de la dosificación 40% arcilla de Piñipampa + 30% arcilla de San Jerónimo con 30% arena fina. .... 208

Tabla 139: Determinación de límite líquido de la dosificación 40% arcilla de Querarpata + 30% arcilla de San Jerónimo con 30% arena fina. .... 208

Tabla 140: Determinación de límite plástico de la arcilla de Piñipampa. .... 209

Tabla 141: Determinación de límite plástico de la arcilla de Querarpata. .... 210



Tabla 142: Determinación de límite plástico de la arcilla de San Jerónimo. .... 210

Tabla 143: Determinación de límite plástico de la dosificación 90% arcilla de Piñipampa con 10% arena fina. .... 210

Tabla 144: Determinación de límite plástico de la dosificación 90% arcilla de Querarpata con 10% arena fina. .... 210

Tabla 145: Determinación de límite plástico de la dosificación 90% arcilla de San Jerónimo con 10% arena fina. .... 210

Tabla 146: Determinación de límite plástico de la dosificación 70% arcilla de Piñipampa con 30% arena fina. .... 210

Tabla 147: Determinación de límite plástico de la dosificación 70% arcilla de Querarpata con 30% arena fina. .... 211

Tabla 148: Determinación de límite plástico de la dosificación 70% arcilla de San Jerónimo con 30% arena fina. .... 211

Tabla 149: Determinación de límite plástico de la dosificación 40% arcilla de Piñipampa + 30% arcilla de San Jerónimo con 30% arena fina. .... 211

Tabla 150: Determinación de límite plástico de la dosificación 40% arcilla de Querarpata + 30% arcilla de San Jerónimo con 30% arena fina. .... 211

Tabla 151: Proceso de cálculo de la granulometría de la arcilla de Piñipampa después del proceso de trituración. .... 213

Tabla 152: Proceso de cálculo de la granulometría de la arcilla de Querarpata después del proceso de trituración. .... 214

Tabla 153: Proceso de cálculo de la granulometría de la arcilla de San Jerónimo después del proceso de trituración. .... 215

Tabla 154: Proceso de cálculo de la granulometría de la arena fina de Piñipampa después del proceso de trituración. .... 216

Tabla 155: Proceso de cálculo de la granulometría de la arcilla de Piñipampa para clasificación de suelos. .... 218

Tabla 156: Proceso de cálculo de la granulometría de la arcilla de Querarpata para clasificación de suelos. .... 219

Tabla 157: Proceso de cálculo de la granulometría de la arcilla de San Jerónimo para clasificación de suelos. .... 220

Tabla 158: Clasificación del suelo (arcilla) de Piñipampa según método AASHTO. .... 221

Tabla 159: Procesamiento de datos para arcilla de Piñipampa según método AASHTO. .... 221

Tabla 160: Clasificación del suelo (arcilla) de Querarpata según método AASHTO. .... 222

Tabla 161: Procesamiento de datos para arcilla de Querarpata según método AASHTO. .... 222

Tabla 162: Clasificación de suelo (arcilla) de San Jerónimo según método AASHTO. .... 223

Tabla 163: Procesamiento de datos para arcilla de San Jerónimo según método AASHTO. .... 223

Tabla 164: Clasificación de suelo (arcilla) de Piñipampa según método SUCS. .... 224

Tabla 165: Procesamiento de datos para arcilla de Piñipampa según método SUCS. .... 224

Tabla 166: Clasificación de suelo (arcilla) de Querarpata según método SUCS. .... 225

Tabla 167: Procesamiento de datos para arcilla de Querarpata según método SUCS. .... 225

Tabla 168: Clasificación del suelo (arcilla) de San Jerónimo según método SUCS. .... 226

Tabla 169: Procesamiento de datos para arcilla de San Jerónimo según método SUCS. .... 226

Tabla 170: Resumen de clasificación de los suelos utilizados en la manufactura de tejas cerámicas de Piñipampa. .... 227

Tabla 171: Dosificación típica con 1 arcilla - teja artesanal. .... 228





Tabla 172: Dosificación típica con 2 arcillas - teja artesanal..... 228

Tabla 173: Dosificación típica con 3 arcillas - teja artesanal..... 228

Tabla 174: Dosificación típica con 1 arcilla - teja mecanizada..... 229

Tabla 175: Dosificación típica con 2 arcillas - teja mecanizada..... 229

Tabla 176: Dosificación típica con 3 arcillas - teja mecanizada..... 229

Tabla 177: Variabilidad dimensional de la teja cerámica artesanal de Piñipampa y  
determinación de su magnitud..... 229

Tabla 178: Variabilidad dimensional de la teja cerámica mecanizada de Piñipampa y  
determinación de su magnitud..... 230

Tabla 179: Dimensiones de las tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa..... 230

Tabla 180: Cuadro comparativo de la magnitud de variabilidad dimensional de las tejas  
cerámicas manufacturadas en Piñipampa..... 230

Tabla 181: Cuadro comparativo de cumplimiento de norma INEN referente a la variabilidad  
dimensional de las tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa..... 231

Tabla 182: Absorción de agua de las tejas cerámicas artesanales manufacturadas en  
Piñipampa..... 232

Tabla 183: Absorción de agua de las tejas cerámicas mecanizadas manufacturadas en  
Piñipampa..... 233

Tabla 184: Cuadro comparativo de la magnitud de absorción de agua de las tejas cerámicas  
manufacturadas en Piñipampa..... 234

Tabla 185: Cuadro comparativo de cumplimiento de norma INEN referente a la absorción de  
agua de las tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa..... 234

Tabla 186: Resistencia a la flexión de la teja cerámica artesanal y determinación de su  
magnitud..... 235

Tabla 187: Resistencia a la flexión de la teja cerámica mecanizada y determinación de su  
magnitud..... 236

Tabla 188: Cuadro comparativo de la magnitud de resistencia a la flexión de las tejas  
cerámicas manufacturadas en Piñipampa..... 237

Tabla 189: Cuadro comparativo de cumplimiento de norma INEN referente a la resistencia a  
la flexión de las tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa..... 237

Tabla 190: Análisis granulométrico de la arcilla de Piñipampa después del proceso de  
trituración utilizado en la dosificación para elaborar teja cerámica..... 238

Tabla 191: Análisis granulométrico de la arcilla de Querarpata después del proceso de  
trituración utilizado en la dosificación para elaborar teja cerámica..... 238

Tabla 192: Análisis granulométrico de la arcilla de San Jerónimo después del proceso de  
trituración utilizado en la dosificación para elaborar teja cerámica..... 238

Tabla 193: Análisis granulométrico de la arena fina de Piñipampa después del proceso de  
trituración utilizado en la dosificación para elaborar teja cerámica..... 239

Tabla 194: Límite líquido y límite plástico de arcillas utilizadas en la manufactura de tejas  
cerámicas de Piñipampa..... 240

Tabla 195: Límite líquido y límite plástico de una dosificación de proporción 90% de cada  
una de las arcillas + 10% de arena fina..... 240

Tabla 196: Límite líquido y límite plástico de una dosificación de proporción 70% de cada  
una de las arcillas + 30% de arena fina..... 240



Tabla 197: Límite líquido y límite plástico de una dosificación de proporción 40% de cada una de las arcillas locales + 30% de arcilla de San Jerónimo + 30% arena fina. 240

Tabla 198: Clasificación de suelos (arcillas) utilizadas en la manufactura de tejas cerámicas en Piñipampa. .... 241

Tabla 199: Análisis granulométrico por tamizado de arcilla de Piñipampa. .... 241

Tabla 200: Análisis granulométrico por tamizado de arcilla de Querarpata. .... 242

Tabla 201: Análisis granulométrico por tamizado de arcilla de San Jerónimo. .... 242

Tabla 202: Determinación del peso de las tejas cerámicas artesanales. .... 266

Tabla 203: Determinación del peso de las tejas cerámicas mecanizadas. .... 266

Tabla 204: Determinación del tipo de rotura de las tejas cerámicas artesanales. .... 267

Tabla 205: Determinación del tipo de rotura de las tejas cerámicas mecanizadas. .... 267



Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación del centro poblado de Piñipampa, cantera, tejerías y tejas cerámicas..... 1

Figura 2: Las cubiertas de hospital regional de Cusco con teja cerámica..... 2

Figura 3: Mapas de ubicación de Cusco, Quispicanchi y Andahuaylillas – Piñipampa. .... 9

Figura 4: La definición de manufactura en el sentido tecnológico. .... 26

Figura 5: La definición de manufactura en el sentido tecnológico. .... 27

Figura 6: Diagrama carga de rotura – deformación de tejas cerámicas. .... 29

Figura 7: Procesamiento de cerámicas tradicionales..... 31

Figura 8: Esquema de procesos cerámicos tradicionales. .... 31

Figura 9: Tipos de equipos utilizados en la trituración de materias primas. .... 32

Figura 10: Gráfica de procesos de formado considerando contenido de agua y presión. .... 34

Figura 11: Sección transversal de máquina de extrusión de vacío y barrena..... 35

Figura 12: Volumen de cerámico como función del contenido de agua..... 36

Figura 13: Curva de velocidad de secado de un cuerpo cerámico. .... 37

Figura 14: Proceso de sinterizado de los materiales cerámicos tradicionales..... 39

Figura 15: Clases de tejas: figura (a) teja cerámica curvada, figura (b) Teja cerámica plana. 42

Figura 16: Comportamiento de esfuerzo – deformación de materiales frágiles y dúctiles. .... 43

Figura 17: Ensayo de flexión de tres puntos. .... 44

Figura 18: Ensayo de flexión de cuatro puntos. .... 45

Figura 19: Dimensiones de las tejas cerámicas..... 47

Figura 20: Carbonato de calcio en arcilla y tejas cerámicas. .... 48

Figura 21: Musgo y líquenes en tejas cerámicas..... 49

Figura 22: Arena en la superficie cóncava de la teja cerámica artesanal. .... 49

Figura 23: Distribución t – Student para distintos grados de libertad..... 51

Figura 24: Distribución t de dos colas..... 51

Figura 25: Escala de contenido de humedad. .... 61

Figura 26: Carta de plasticidad de Casagrande (ASTM D 2487-93). .... 70

Figura 27: Materia prima para manufactura de tejas cerámicas..... 72

Figura 28: Dosificación de materias primas lista para su molienda..... 73

Figura 29: Equipo de trituración de materias primas (arcillas y arena fina). .... 73

Figura 30: Amasado de materias primas para tejas artesanales. .... 74

Figura 31: Preparación de materias primas para la teja cerámica mecanizada. .... 75

Figura 32: Almacenado de materias primas preparadas para elaborar tejas cerámicas. .... 75

Figura 33: Moldeo o conformación de la teja cerámica artesanal..... 76

Figura 34: Conformación o moldeo por extrusión de la teja cerámica mecanizada. .... 77

Figura 35: Secado al sol de tejas cerámicas mecanizada y artesanal. .... 77

Figura 36: Acopio y almacenado de tejas cerámicas crudas. .... 78

Figura 37: Cargado y cocción de tejas cerámicas en horno tradicional. .... 79

Figura 38: Descargado de tejas cerámicas de horno tradicional para su venta. .... 80

Figura 39: Ubicación de la muestra en el centro poblado de Piñipampa. .... 89

Figura 40: Aplicación de encuesta a productores de tejas cerámicas de Piñipampa..... 102

Figura 41: Procedimiento para realizar el ensayo de variabilidad dimensional..... 118

Figura 42: Procedimiento para realizar el ensayo de resistencia a flexión de tejas cerámicas.  
..... 130

Figura 43: Procedimiento para realizar el ensayo de absorción de agua de la tejas cerámicas.  
..... 141



Figura 44: Procedimiento del ensayo análisis granulométrico de arcillas y arena fina después del proceso de trituración en molinos de martillos..... 151

Figura 45: Procedimiento del ensayo de análisis granulométrico para clasificación de suelos. .... 155

Figura 46: Procedimiento para realizar el ensayo de determinación de límite líquido de arcillas y dosificaciones utilizadas en manufactura de tejas. .... 159

Figura 47: Procedimiento para realizar el ensayo de determinación del límite plástico de arcillas y dosificaciones utilizadas en manufactura de tejas cerámicas. .... 165

Figura 48: Condición de propiedad de las unidades de producción de tejas cerámicas en el centro poblado de Piñipampa. .... 170

Figura 49: Tipo de producción de las tejas cerámicas en el centro poblado de Piñipampa. .. 171

Figura 50: Procedencia de las arcillas en la manufactura de tejas cerámicas en Piñipampa. 171

Figura 51: Utilización de máquinas en las tejedurías del centro poblado de Piñipampa. .... 174

Figura 52: Forma de secado de la teja cerámica practicada en las tejedurías de Piñipampa. .... 175

Figura 53: Combustibles utilizados para la cocción de tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa. .... 175

Figura 54: Tiempo en horas que dura la cocción de tejas cerámicas. .... 176

Figura 55: Temperatura de cocción de las tejas cerámicas, en tejedurías del centro poblado de Piñipampa. .... 177

Figura 56: Capacidad de los hornos tradicionales de Piñipampa. .... 178

Figura 57: Producción media mensual de teja cerámica mecanizada en Piñipampa. .... 179

Figura 58: Producción media mensual de teja cerámica artesanal en Piñipampa. .... 179

Figura 59: Criterios de selección aplicados a las tejas cerámicas para poner en venta..... 180

Figura 60: Gráfica de la curva granulométrica de la arcilla de Piñipampa después del proceso de trituración..... 213

Figura 61: Gráfica de la curva granulométrica de la arcilla de Querpata después del proceso de trituración..... 214

Figura 62: Gráfica de la curva granulométrica de la arcilla de San Jerónimo después del proceso de trituración. .... 215

Figura 63: Gráfica de la curva granulométrica de la arena fina de Piñipampa después del proceso de trituración. .... 216

Figura 64: Gráfica de la curva granulométrica de la arcilla de Piñipampa. .... 218

Figura 65: Gráfica de la curva granulométrica de la arcilla de Querpata. .... 219

Figura 66: Gráfica de la curva granulométrica de la arcilla de Querpata. .... 220

Figura 67: Procesamiento de datos para arcilla de Piñipampa método SUCS..... 224

Figura 68: Procesamiento de datos para arcilla de Querpata método SUCS. .... 225

Figura 69: Procesamiento de datos para arcilla de San Jerónimo método SUCS. .... 226

Figura 70: Número de arcillas utilizadas en la manufactura de tejas cerámicas de Piñipampa, noviembre 2018..... 228

Figura 71: Cuadro comparativo de variabilidad dimensional de la teja cerámica manufacturada en Piñipampa. .... 231

Figura 72: Absorción de agua de las tejas cerámicas artesanales manufacturadas en Piñipampa..... 232

Figura 73: Absorción de agua de las tejas cerámicas mecanizadas manufacturadas en Piñipampa..... 233

Figura 74: Cuadro comparativo de la absorción de agua de la teja cerámica manufacturada en Piñipampa..... 234



Figura 75: Resistencia a la flexión de las tejas cerámicas artesanales manufacturadas en Piñipampa. .... 235

Figura 76: Resistencia a la flexión de las tejas cerámicas mecanizadas manufacturadas en Piñipampa. .... 236

Figura 77: Cuadro comparativo de la resistencia a la flexión de la teja cerámica manufacturada en Piñipampa. .... 237

Figura 78: Curva granulométrica de la arcilla de Piñipampa. .... 241

Figura 79: Curva granulométrica de la arcilla de Querarpatá. .... 242

Figura 80: Curva granulométrica de la arcilla de San Jerónimo. .... 243

Figura 81: Diagrama del tipo de rotura de las tejas cerámicas artesanales. .... 267

Figura 82: Diagrama del tipo de rotura de las tejas cerámicas mecanizadas. .... 267

## Capítulo I: Planteamiento del problema

### 1.1. Identificación del problema

#### 1.1.1. Descripción del problema.

En el centro poblado de Piñipampa ubicada a la margen izquierda del río Vilcanota, coordenadas UTM: E 209169.63, N 8489619.59, altitud de 3150 m.s.n.m., a 33.5 Km de la ciudad de Cusco, se manufacturan las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas.



Figura 1: Ubicación del centro poblado de Piñipampa, cantera, tejerías y tejas cerámicas.  
Fuente: Adaptado de Google Earth Pro.

Figuras (1a) y (1b) Teja cerámica artesanal y mecanizada moldeada respectivamente.

Fuente: Propio del autor.

Las unidades de producción de las tejas cerámicas llamadas “tejerías” está conformada principalmente por microempresas informales dedicadas a la fabricación de tejas de forma tradicional o artesanal por su bajo costo de elaboración y mantenimiento, la manufactura de las tejas cerámicas es su principal actividad productiva que genera trabajo e ingresos, dichas tejerías se encuentran instaladas sobre la cantera de arcilla de Piñipampa y sus alrededores.

La manufactura de tejas cerámicas de Piñipampa utiliza dos formas de moldeo para su obtención y estas son: teja cerámica elaborada por moldeo manual denominado teja cerámica artesanal que es producida desde los años 1940 y la teja cerámica moldeado por extrusión denominado teja cerámica mecanizada producida desde los años 2000, en ambos procesos de

producción se utilizan métodos tradicionales o artesanales, que es el resultado de años de experiencia, esfuerzo y dedicación realizado por los productores .

Al respecto del proceso de producción un estudio realizado en Arequipa y Cusco menciona que la producción de materiales de construcción de arcilla cocida con un alto grado de informalidad, utilizando técnicas artesanales en su proceso y empleando hornos que tienen como combustible cualquier material que pueda ser quemado en su interior sin ningún tipo de control de temperatura; difícilmente puede cumplir los estándares de calidad establecidos. Además añade al respecto de la calidad del producto que no se realiza ningún tipo de pruebas para verificar el cumplimiento de las especificaciones de una norma (Casado, 2005).

Según la investigación realizada en España se concluye de los ensayos practicados a las tejas cerámicas antiguas que fueron elaborados con deficientes procesos de producción y escaso o inexistente control de calidad, con el paso del tiempo han conservado incluso mejorado sus características físicas como mecánicas por lo que este material puede ser reutilizado en edificaciones actuales (García, 2011).

La región del Cusco tiene edificios y viviendas en áreas urbanas y rurales con techos de tejas cerámicas de muchos años de antigüedad y pese al tiempo transcurrido las tejas cerámicas siguen prestando servicio de forma adecuada, con su respectivo mantenimiento.

La teja cerámica es un material de construcción utilizado desde muchos años atrás en los acabados de cubiertas de edificaciones de la región del Cusco, por lo tanto es de uso común en las cubiertas de las edificaciones privadas y públicas, prevaleciendo su uso en las viviendas particulares de área urbana y rural de la región.



*Figura 2:* Las cubiertas de hospital regional de Cusco con teja cerámica.

Fuente: <https://diariocorreo.pe/edicion/cusco/>

La región de Cusco tiene una tasa de crecimiento promedio anual de 2.2% en el sector de construcción de viviendas particulares equivalente a 8649 viviendas particulares por año según resultados dados por INEI del último Censo 2017: XII de población, VII de vivienda y III de Comunidades Indígenas. Asimismo del resultado del censo se tiene la distribución total de las viviendas particulares con ocupantes presentes según el material de construcción predominante en los techos de las viviendas, según provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes en la siguiente tabla:

Tabla 1: Distribución de viviendas en región Cusco según material de techo de vivienda.

N°	Material de construcción predominante en los techos de la vivienda	Número de viviendas particulares	Porcentaje (%)
1	Concreto Armado	52 829	16.33
2	Madera	2 557	0.79
3	Tejas	118 566	36.64
4	Planchas de calamina, fibra de cemento o similares	121 408	37.52
5	Caña o estera con torta de barro o cemento	1 065	0.33
6	Triplay / estera / carrizo	501	0.15
7	Paja, hoja de palmera y similares	26 644	8.23
8	Otro material	2	0.0006
<b>TOTAL</b>		<b>323 572</b>	<b>100 %</b>

Fuente: INEI censo 2017: VII de vivienda.

De la tabla se deduce que el 36.64 % de las viviendas particulares de la región del Cusco utiliza como material de construcción de acabado de cubiertas de las viviendas a la teja cerámica ocupando el segundo lugar como el material más utilizado en los techos, después de las planchas de calamina, planchas de fibrocemento o similares que están en primer lugar con un 37.52 %.

La manufactura de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas en el centro poblado de Piñipampa, no cuenta con el apoyo del gobierno local, no existe estadísticas oficiales de la producción, no existe información alguna de este sector productivo de tejas cerámicas, por ello es necesario levantar información actual para un conocimiento básico de este sector productivo.

No existe norma técnica peruana que imparta criterios o requisitos que regulen y controlen las tejas cerámicas producidas para determinar su calidad. Sin embargo ciudades de características climatológicas similares a Cusco en países vecinos del Ecuador y Colombia cuentan con normas técnicas para tejas cerámicas con lo que se brinda soporte y desarrollo al productor de las tejas cerámicas al mismo tiempo protección al constructor.





Hasta la actualidad se viene construyendo los acabados de las cubiertas de viviendas y edificaciones utilizando la teja cerámica sin un conocimiento objetivo de su comportamiento físico – mecánico, la que se determina mediante ensayos adecuados en laboratorio, obviamente este hecho esta fuera del contexto de control que la ingeniería demanda.

En la actualidad no existe un estudio que aborde la evaluación de las propiedades físicas - mecánicas y características de las tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa – Cusco, aplicando pruebas estandarizadas de control de calidad destructivas y no destructivas a las tejas cerámicas para determinar su calidad o por el contrario que muestre su deficiencia.

Es evidente que de seguir el crecimiento del sector de construcción en la región del Cusco al 2.2% promedio anual que equivale a 8649 nuevas viviendas particulares por año y de ellas que el 36.64% utiliza en los acabados de sus cubiertas la teja cerámica que equivale a 3169 viviendas a construir, esto considerando solo las viviendas particulares a parte de edificaciones públicas y privadas que han de construirse con cubiertas de tejas cerámicas.

La industria de la construcción de la región, como también la autoconstrucción, han de requerir materiales de construcción de acabados de cubierta de calidad para sus proyectos de edificación; asimismo los proyectistas, ejecutores y supervisores de los proyectos de edificaciones requieren de especificaciones técnicas y características de las tejas cerámicas para una toma de decisión técnica profesional para utilizar la teja cerámica u otro material sustituto.

Por otra parte los productores de tejas cerámicas de Piñipampa necesitan conocer las características y las propiedades físicas y mecánicas del producto que manufacturan aunque sea utilizando normas técnicas internacionales a falta de normas técnicas nacionales; con el fin de competir en el mercado de la industria de la construcción con otros materiales sustitutos como son las planchas de fibrocemento, planchas de calamina y otros materiales.

La situación problemática descrita permite plantear algunas exigencias inmediatas. Evaluar las propiedades físicas - mecánicas de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas manufacturadas en Piñipampa según normas técnicas internacionales en este caso las normas técnicas ecuatorianas del Servicio Nacional de Normalización (NTE INEN), de tal modo que se determine la calidad de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas de Piñipampa o sugerir recomendaciones necesarias para el cumplimiento de los requisitos, de esta forma contribuir al mejoramiento de los materiales de construcción producidas en nuestra región del Cusco.



Finalmente es imprescindible el apoyo del sector público y privado para la elaboración de una norma técnica peruana que tome en consideración las particularidades de la teja cerámica producida en la región y el país.

### **1.1.2. Formulación interrogativa de la investigación.**

#### ***1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general.***

¿Cuál es la evaluación de las propiedades físicas – mecánicas de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas con su dosificación actual de materias primas que se manufacturan en Piñipampa – Cusco, y estas cumplen con los parámetros prescritos por las Normas Técnicas Ecuatorianas de requisitos de tejas cerámicas para cobertura de techo; NTE INEN?

#### ***1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos.***

##### **Problema N° 1**

¿Cuál es la dosificación típica de materias primas utilizada en la manufactura de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas en Piñipampa – Cusco?

##### **Problema N° 2**

¿Cuál es la magnitud de la absorción de agua de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas manufacturadas en Piñipampa – Cusco, y estas cumplen con la exigencia de la norma NTE INEN 990?

##### **Problema N° 3**

¿Cuál es la magnitud de variabilidad dimensional de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas manufacturadas en Piñipampa – Cusco, y estas cumplen con la exigencia de la norma NTE INEN 986?

##### **Problema N° 4**

¿Cuál es la magnitud de la resistencia a la flexión de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas manufacturadas en Piñipampa – Cusco, y estas cumplen la exigencia de la norma NTE INEN 990?



## **Problema N° 5**

¿Qué tipo de teja cerámica manufacturada en Piñipampa – Cusco, es clasificada como de mejor calidad verificada según parámetros de las normas NTE INEN?

### **1.2. Justificación e importancia de la investigación**

#### **1.2.1. Justificación técnica.**

Esta investigación justifica técnicamente porque dentro del desarrollo del trabajo de evaluación de las propiedades físicas - mecánicas de las tejas cerámicas manufacturadas en el centro poblado de Piñipampa – Cusco; permite utilizar conceptos de tecnología de materiales de construcción, resistencia de materiales y mecánica de suelos para contribuir así al desarrollo de la tecnología de materiales de construcción, utilizado en los acabados de las cubiertas de las viviendas y edificaciones analizando comparativamente las propiedades físicas - mecánicas de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas sometiendo a pruebas de resistencia a la flexión, absorción de agua y su variabilidad dimensional y relacionar los resultados obtenidos con los conceptos de la ciencia e ingeniería de los materiales cerámicos y mecánica de suelos. La investigación pertenece a la rama de construcción de la ingeniería civil.

El estudio contribuye a la ingeniería en aplicar herramientas de control para que los materiales de construcción cumplan determinados estándares de calidad para ser utilizados como tales en la construcción de viviendas y ejecución de obras de edificación, y siendo la teja cerámica el segundo material de construcción de acabados de cubierta de edificaciones más utilizado en la región del Cusco, ello principalmente en las viviendas particulares según resultados del censo del año 2017: XII de población, VII de vivienda y III de Comunidades Indígenas.

#### **1.2.2. Justificación social.**

La producción de algunos materiales de construcción en la región del Cusco requiere la atención de sector público y privado, en el sentido de que debe facilitarse apoyo que brinde soporte y desarrollo a los productores de tejas cerámicas artesanales y mecanizadas, puesto que a la fecha no existe una normatividad que regule y controle la calidad de su producto; la existencia de una norma ayuda a que tengan competitividad en el mercado de materiales de construcción utilizadas en los acabados de las cubiertas de las edificaciones. Por otra parte con la existencia de tejas cerámicas de calidad en el mercado, el sector de la industria de la construcción se ve beneficiada, por utilizar en sus proyectos tejas cerámicas de propiedades físicas – mecánicas



determinadas de manera objetiva. Por ello el presente estudio recurre a normas técnicas extranjeras a falta de normas nacionales con el propósito de evaluar la calidad de tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa – Cusco y proporcionar recomendaciones para superar las deficiencias encontradas.

Los beneficiarios de esta investigación también son los estudiantes técnicos y universitarios quienes a partir de este trabajo pueden utilizar los procedimientos implementados, para mejorarlos y optimizarlos en sus investigaciones. Asimismo también los egresados y profesionales en la ingeniería civil tienen a la disposición un estudio realizado acerca de las propiedades de las tejas cerámicas de Piñipampa para una toma de decisión respecto a que material de construcción de acabados de cubiertas se ha de emplear en un proyecto de edificación determinado.

En la medida que los resultados de esta investigación se publiquen, socialice y pueda ser compartido en instancias de decisión, puede ser una alternativa de solución al problema de la falta de un criterio de evaluación de la calidad de las tejas cerámicas.

### **1.2.3. Justificación por viabilidad.**

Es factible la realización de esta investigación porque se compromete todos los recursos para lograr culminar la investigación (tiempo y dinero para adquisición de materiales de escritorio y herramientas para los ensayos, la adquisición de tejas cerámicas y su transporte al laboratorio y el costo mismo de uso de laboratorio); el investigador cuenta con equipos y maquinas del laboratorio de materiales, concreto y suelos de la Universidad Andina del Cusco, la disposición de estar en campo y en contacto con las materias primas de las tejas cerámicas, con las instalaciones de las unidades de producción de tejas cerámicas del centro poblado de Piñipampa. Asimismo se tiene impreso las Normas Técnicas Ecuatorianas siguientes: NTE INEN 0990 (1984): Tejas cerámicas. Requisitos; NTE INEN 0988 (1984): Tejas cerámicas. Determinación de la resistencia a la flexión; NTE INEN 0989 (1984): Tejas cerámicas. Determinación de la absorción de agua; NTE INEN 0986 (1984): Tejas cerámicas. Definiciones. Clasificación y condiciones generales, los que están a disposición en el internet de forma libre y gratuita.

### **1.2.3. Justificación por relevancia.**

El cambio climático se manifiesta a través de fuertes e intensas lluvias que hace necesario la utilización de materiales de acabados de cubierta seguras y duraderas para hacer frente a los



riesgos generados por la naturaleza, en razón a ello el presente estudio contribuye a ejercer el control de calidad de las tejas cerámicas que son utilizadas en los acabados de cubiertas de las viviendas y otras edificaciones de la región.

La realización de esta investigación también es importante para los productores tradicionales de las tejas cerámicas porque actualmente existe una alta competitividad en el mercado de la industria de la construcción, por ende es muy necesario que su producto acredite calidad, cumpliendo alguna norma técnica existente para estos materiales cerámicos, a la falta de un ordenamiento legal en nuestro país, se recurre a las normas ecuatorianas para la evaluación de las propiedades físicas - mecánicas más importantes de las tejas cerámicas para que garanticen la calidad, para su uso en los acabados de las cubiertas de edificaciones; asimismo esta evaluación de las tejas cerámicas muestra algunos aspectos a superar para lograr la calidad requerida por la industria de la construcción.

También el presente estudio es importante para el sector de la industria de la construcción, pues a través de la evaluación practicada a las tejas cerámicas producidas en Piñipampa; se provee de información necesaria de las propiedades físicas - mecánicas más importantes como son: la absorción de agua y la resistencia a la flexión, al mismo tiempo se detalla los procedimientos experimentales seguidos en la investigación para determinar las propiedades físicas - mecánicas.

Finalmente otro aspecto importante de la presente investigación es el representar una posible sugerencia de referencia en una futura elaboración de una norma técnica peruana para las tejas cerámicas.

### **1.3. Limitaciones de la investigación**

#### **1.3.1. Limitación de denominación de las tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa.**

##### **1.3.1.1. Tejas cerámicas artesanales**

La tesis se limita a denominar como teja cerámica artesanal al material de construcción de acabado de cubiertas de viviendas y edificaciones manufacturadas en Piñipampa con un proceso de moldeo de forma manual.

### 1.3.1.2. Tejas cerámicas mecanizadas

La tesis se limita a denominar como teja cerámica mecanizada al material de construcción de acabado de cubiertas de viviendas y edificaciones manufacturadas en Piñipampa con un proceso de moldeo de forma mecanizada por extrusión. Los demás procesos básicos de manufactura de las tejas cerámicas son manuales.

### 1.3.2. Limitación espacial.

La tesis se limita a la región del Cusco, provincia de Quispicanchi, distrito de Andahuaylillas y específicamente al centro poblado de Piñipampa ubicada a 33.5 Km de la ciudad del Cusco sobre la carretera Cusco – Urcos, a la margen izquierda del río Vilcanota, y a una altitud aproximada de 3150 m.s.n.m., su clima es frío y seco en los meses de mayo a noviembre y lluvioso en los meses de diciembre a abril.

Si bien no existen estadísticas oficiales, se estima que en la actualidad en el centro poblado de Piñipampa se producen las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas en cantidades suficientes para distribuir en la región de Cusco y otras ciudades vecinas a la región.

Limitándose los resultados obtenidos, válidos para la región del Cusco y localidades aledañas donde se comercializa la teja cerámica de Piñipampa, dado que se considera en los ensayos las tejas cerámicas manufacturadas en el centro poblado de Piñipampa.

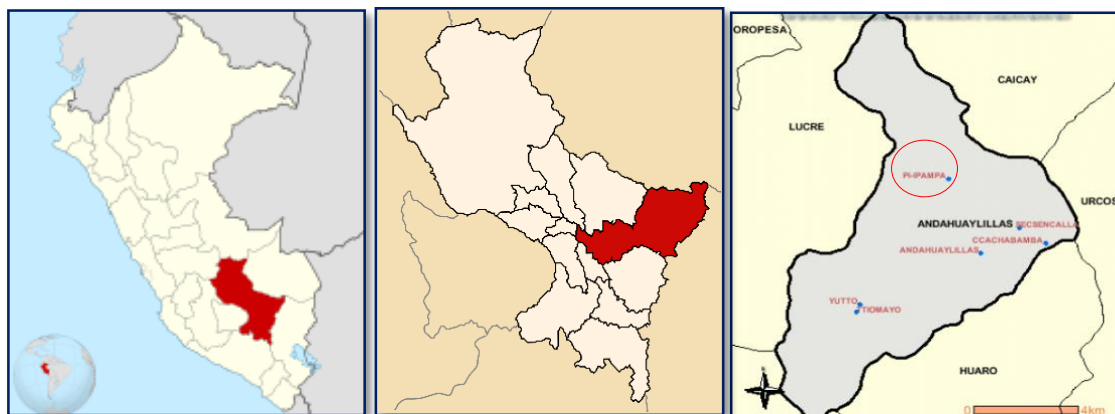


Figura 3: Mapas de ubicación de Cusco, Quispicanchi y Andahuaylillas – Piñipampa.  
Fuente: INEI

### 1.3.3. Limitación temporal.

La tesis se limita a un periodo de investigación de 7 meses entre los años 2018 y 2019, el muestreo de tejas cerámicas manufacturadas en las tejerías de Piñipampa se realizó de la producción de tejas del mes de noviembre del año 2018 para su respectiva caracterización física



– mecánica, y en el mes de diciembre 2018 y enero del año 2019 se muestrea las materias primas que se utilizan en la manufactura de tejas cerámicas de Piñipampa - Cusco.

#### **1.3.4. Limitación de ensayos y normativa.**

La evaluación para la determinación de las propiedades físicas - mecánicas de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas se realiza según los parámetros especificados por las Normas Técnicas Ecuatorianas:

- NTE INEN 0990 (1984): Tejas cerámicas. Requisitos.
- NTE INEN 0989 (1984): Tejas cerámicas. Determinación de la absorción de agua.
- NTE INEN 0988 (1984): Tejas cerámicas. Determinación de la resistencia a la flexión.
- NTE INEN 0986 (1984): Tejas cerámicas. Definiciones. Clasificación y condiciones generales;

Para los ensayos de caracterización de materias primas utilizadas en la manufactura de tejas cerámicas se utiliza el Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil de Joseph E. Bowles en los ensayos de:

- Límite líquido y límite plástico de un Suelo.
- Análisis Granulométrico – Método Mecánico.
- Clasificación de Suelos.

#### **1.3.5. Limitación de equipos.**

Para realizar el ensayo de determinación de la resistencia a la flexión de las tejas cerámicas se utiliza la prensa de carga motorizada de la maquina CBR equipada con una unidad de procesamiento y lectura táctil, del laboratorio de suelos de la escuela profesional de ingeniería civil de la Universidad Andina del Cusco.

Para realizar los demás ensayos de caracterización se hace uso de los equipos y herramientas del laboratorio de suelos, materiales, concreto y asfalto de la escuela profesional de ingeniería civil de la Universidad Andina del Cusco.

#### **1.3.6. Limitaciones por el material.**

Se utiliza los siguientes materiales:

- Unidades de tejas cerámicas coccionadas artesanales y mecanizadas de tamaño estándar de 42 centímetros x 18 cm aproximadamente de espesor de 1 cm, extraída del proceso



de descargado de los hornos tradicionales (tejas cerámicas seleccionadas), y puestos para su venta al público.

- Las tejas cerámicas con tratamiento térmico en hornos tradicionales utilizando combustibles vegetales como: las ramas y palos de Eucalipto y aserrín de madera.
- Según observación y referencia de los productores de tejas cerámicas las materias primas son:
  - Arcilla procedente de la cantera de Piñipampa, arcilla de la cantera de Querarpata, y la arcilla de la cantera de San Jerónimo que es provista por transportistas de materiales de construcción de la ciudad del Cusco.
  - Arena fina procedente de la playa Piñipampa ubicada en rivera del río Vilcanota.
  - Agua del lugar (Piñipampa).

En dosificaciones variadas según la disponibilidad de las arcillas y arena fina para el control de contracción en el secado y cocción.

- Se utiliza agua de lluvia para determinación de ensayo de absorción de agua por las tejas cerámicas, y para los demás ensayos se utiliza agua potable de la Universidad Andina del Cusco.
- Se utiliza yeso de procedencia de Huacarpay comercializada por proveedores de materiales de construcción de Cusco, tamizado en una malla plástica similar al tamiz número 10 (2 mm).

#### **1.4. Objetivo de la investigación**

##### **1.4.1. Objetivo general.**

Evaluar las propiedades físicas - mecánicas de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas con su dosificación actual de materias primas que se manufacturan en Piñipampa – Cusco, según las exigencias de las normas ecuatorianas de requisitos de tejas para cobertura de techos; NTE INEN.

##### **1.4.2. Objetivos específicos.**

###### **Objetivo N° 1**

Determinar la dosificación típica de materias primas utilizada en la manufacturación de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas en Piñipampa – Cusco.





**Objetivo N° 2**

Determinar la magnitud de la absorción de agua de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas manufacturadas en Piñipampa – Cusco, según la norma NTE INEN 989, y verificar cumplimiento de acuerdo a la norma NTE INEN 990.

**Objetivo N° 3**

Determinar la magnitud de la variabilidad dimensional de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas manufacturadas en Piñipampa – Cusco y verificar su cumplimiento conforme a la norma NTE INEN 986.

**Objetivo N° 4**

Determinar la magnitud de la resistencia a la flexión de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas manufacturadas en Piñipampa – Cusco, según norma NTE INEN 988, y verificar su cumplimiento conforme a la norma NTE INEN 990.

**Objetivo N° 5**

Determinar el tipo de teja cerámica de mejor calidad manufacturada en Piñipampa – Cusco, verificada según parámetros de las normas NTE INEN.



## Capítulo II: Marco teórico

### 2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual

#### 2.1.1. Antecedentes a nivel nacional.

##### 2.1.1.1. Antecedente nacional 1.

- **Título de tesis:** “Propuesta de Techo Mejorado Contra Filtraciones Pluviométricas para Cubiertas con Tejas Tipo Colonial en el Cusco Como Zona Altoandina”

**Autor:** Daniel Gustavo Ccori Salazar

**Institución:** Universidad Andina del Cusco, Perú - 2014

La investigación da a conocer el diseño de coberturas con teja colonial procedente de las fábricas de San Jerónimo - Cusco, para mejorar la impermeabilización de las coberturas, así como facilitar y concientizar al poblador el uso de este diseño en la construcción de edificaciones.

El nuevo diseño de cobertura que optimiza la impermeabilización de la cubierta amoldada con teja colonial de arcilla cocida, utiliza planchas de policarbonato alveolar de 6 mm de espesor y malla de gallinero en reemplazo de los carrizos, clavos y alambre de la cubierta del diseño tradicional.

Seguidamente evalúa la funcionalidad de diseño de cobertura amoldada con tejas cerámicas con los 2 diseños de cubiertas en los aspectos siguientes: Análisis del grado de impermeabilización de techos; evaluación del aligeramiento de las cargas muertas de los techos; analizar comparativamente los costos de los materiales en 1 m<sup>2</sup> de techo; análisis de estabilidad de las tejas coloniales frente al deslizamiento de las mismas por la influencia del ángulo de inclinación de la cobertura; evaluación de la incidencia de los vientos respecto al ángulo de inclinación de la cobertura para determinación de cargas actuantes.

El investigador llega a las conclusiones siguientes:

La aplicación del policarbonato alveolar o celular en la estructura de techos con teja colonial incrementa el grado de impermeabilización del techo consiguiendo una incidencia del 0 % de humedad sobre el cielo raso.

La aplicación del policarbonato alveolar o celular en la estructura de techos con teja colonial disminuye la magnitud de la carga muerta de cobertura puesto que el peso del policarbonato alveolar o celular pesa 2.3 Kg/m<sup>2</sup> en comparación al peso del carrizo que es de 3.75 kg/m<sup>2</sup>.

El costo de una cobertura de techo con teja colonial y policarbonato alveolar o celular presenta un costo de S/ 151.80 por m<sup>2</sup> en comparación al costo de un cobertura de techo con teja colonial tradicional de S/ 73.10 por m<sup>2</sup>.

La estabilidad de las tejas coloniales frente al deslizamiento con el uso del policarbonato alveolar o celular a una pendiente de hasta 30° es óptima, es decir que no existe deslizamiento de tejas coloniales respecto a la torta de barro después de 7 días de instalado.

Finalmente a mayor ángulo de inclinación, se incrementa la carga muerta actuante en el techo bajo la acción del viento.

La evaluación efectuada por el investigador se relaciona con la presente tesis para comparar y validar los resultados de caracterización determinados para las tejas cerámicas mecanizadas fabricados en San Jerónimo – Cusco con sus similares de tejas cerámicas de Piñipampa - Cusco:

Tabla 2: Dimensiones promedio de las tejas coloniales producidas en San Jerónimo – Cusco.

Descripción	Dimensiones (cm)					Peso (Kg)	Carga de rotura (Kg)
	Largo	Ancho mayor	Ancho menor	Flecha mayor	Flecha menor		
Teja Colonial	42.00	18.00	15.00	4.00	3.00	2.25	220

Fuente: Adaptado del Gráfico 12 y Tabla 12 del antecedente.

Tabla 3: Resultado de saturación de agua después de 24 horas en teja colonial producida en San Jerónimo – Cusco.

Descripción	Valor
Peso seco de la teja colonial artesanal o mecanizada	2.25 Kg
Porcentaje de saturación de la teja según su peso seco	51.6 %
Incremento del peso saturado de la teja colonial	1.16 Kg
Peso total (seco y saturado) de la teja colonial	3.40 Kg

Fuente: Tabla 13 del antecedente.

### 2.1.1.2. Antecedente nacional 2.

- **Título de tesis:** “Formulación de Mezclas para la Producción de Tejas con Adición de un Componente Limoso Arcilloso”

**Autor:** Yanet Aucchahuaqui Torres y Maruja Quispe Quispe

**Institución:** Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú - 2017

En la tesis las investigadoras desarrollan formulaciones de mezclas utilizando el sistema ternario para determinar las proporciones de cada uno de los componentes de materias primas utilizadas en la fabricación de las tejas cerámicas, para ello preparan briquetas rectangulares y



cilíndricas siguiendo un proceso similar al de producción de tejas cerámicas practicada en la localidad de Huayllarpampa, distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi y región de Cusco. Para la evaluación de la resistencia mecánica de compresión y para el ensayo de absorción de agua hacen uso de la Norma Técnica Nacional ITINTEC 331.018 (1978).

La formulación de mezclas de esta investigación inicia con caracterizar el aspecto físico-químico de las materias primas: la arcilla de procedencia de la cantera de San Jerónimo; la tierra de Huayllarpampa y arena. La caracterización física se lleva a cabo por sedimentación en el laboratorio de materiales de la escuela profesional de Ingeniería Química de la UNSAAC, mientras para la caracterización química envían muestras para su análisis a Laboratorios del Sur de la ciudad de Arequipa.

La cocción de las briquetas se realizan por 9 horas en un horno eléctrico equipado con termocupla para la toma de los datos de temperatura y se consideran 20 horas de enfriado de las briquetas después de su cocción con el horno cerrado.

El ensayo de resistencia mecánica de compresión se practicó en el laboratorio de materiales de la escuela profesional de ingeniería química y validada en el laboratorio del SENCICO y el ensayo de absorción se practicó en el laboratorio de materiales de la escuela profesional de Ingeniería Química de Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Las investigadoras llegan a las conclusiones siguientes:

Para la fabricación de tejas cerámicas determinan que la tierra puede sustituir a la arcilla entre un 20% a 40%, la formulación considera un contenido 30% a 60% de arcilla y de 20% a 30% de arena sin que altere la calidad del producto, la humedad de la mezcla próximo a 15%. Así la tierra que sustituye a la arcilla contiene 25.47% de arena, 29.80% de limo y 44.55% de arcilla aproximadamente.

La resistencia mecánica a compresión de las briquetas alcanza a 420.5 Kg/cm<sup>2</sup> evaluada según Norma Técnica Nacional ITINTEC 331.18 (1978). Y el valor de absorción de agua de la briquetas alcanza valores comprendidos entre 10.63% a 13.94%.

Existe una relación de este antecedente con la presente tesis respecto a la caracterización de valores de absorción de las briquetas cerámicas en 15 diferentes mezclas formuladas que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4: Absorción de agua de las briquetas cerámicas en diferentes formulaciones de mezclas.

N°	Mezcla	Tierra (%)	Arcilla (%)	Arena (%)	Absorción (%)
1	A	20	60	20	12.53
2	B	30	50	20	12.18
3	C	40	40	20	12.63
4	D	50	30	20	11.66
5	E	30	40	30	10.60
6	F	40	0	60	14.14
7	G	0	40	60	13.94
8	H	0	60	40	13.37
9	I	20	20	60	13.48
10	J	20	40	40	12.61
11	K	40	20	40	13.27
12	L	60	20	20	12.57
13	P1	0	50	50	12.02
14	P2	0	50	50	11.93
15	MP	0	50	50	11.34

Fuente: Adaptado de la Tabla 34 del antecedente.

Otra relación es el tiempo del proceso de cocción de las briquetas del antecedente que tiene una duración de 9 horas distribuidas en las siguientes etapas:

El calentado hasta la temperatura de ebullición dura un lapso de 1.5 horas; antes de las 5 horas llega a 450 a 573 °C; a las 8 horas y 15 minutos alcanza a 900 °C; se mantiene a esta temperatura durante por 45 minutos; finalmente la temperatura a las 9 horas de cocción es de 950 °C.

### 2.1.1.3. Antecedente nacional 3.

- **Título de tesis:** “Estudio de Tejas de Microcemento e Implementación de un Taller de Producción”

**Autor:** Danny Yoel Chávez Rojas

**Institución:** Universidad Nacional de Ingeniería, Peru - 2014

La investigación trata sobre la ejecución de ensayos para evaluar la calidad de tejas de microcemento (compuesto de cemento Andino tipo I y arena de granulometría media proveniente de cantera San Martín) utilizando las normas europeas UNE EN 490: Especificaciones de Producto y UNE EN 491: Métodos de Ensayo. Considerando los ensayos de: durabilidad, impermeabilidad y el ensayo de flexión.

Como primera acción realiza ensayos de proporciones cemento: arena de 1:2.5 y 1:3, y llega a encontrar de los ensayos un rango óptimo de fluidez con los que se elabora tejas de microcemento, luego realiza el ensayo a flexión de las tejas de microcemento verificando que

no cumple con la norma; por lo que busca otras proporciones de cemento arena para la elaboración de especímenes de ensayo.

Finalmente los especímenes de tejas de microcemento onduladas y planas que elabora para los ensayos de la investigación tiene las proporciones cemento arena 1:1.5; 1:2; 1:2.5 y 1:2.75 en una cantidad de 9 tejas por cada proporción; de ello encontrara la dosificación optima que cumpla la exigencia de la norma.

Asimismo plantea la implementación de un taller de mediana escala que permita la fabricación de tejas de microcemento con los mayores rendimientos y estándares de calidad.

El investigador llega a las conclusiones siguientes:

El rango de fluidez óptimo varía entre 95% y 105%.

La óptima proporción cemento arena es 1:1.5 para elaborar las tejas de microcemento, ello garantiza cumplir las solicitudes exigidas por la norma europea a través de los ensayos de durabilidad, impermeabilidad y flexión.

La relación existente entre este antecedente y la tesis es que la teja de microcemento es una alternativa a la utilización de la teja cerámica empleada en las cubiertas de viviendas y edificios. Por lo que es factible tener presente esta caracterización mecánica por resistencia a la flexión utilizando la norma europea UNE EN 491 (2011). La evaluación de ensayo a flexión de teja de microcemento antes de realizar el ensayo de durabilidad arroja los resultados que se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 5: Resistencia a la flexión de tejas de microcemento hechos en laboratorio (a 28 días).

Especímen	Modelo	Dimensiones (cm)			Carga máxima (Kg)		
		Largo	Ancho	Espesor	Rotura	Promedio	Norma UNE
T1:1.5-1	ondulada	49.0	24.0	1.0	183	181	140
T1:1.5-2		49.0	24.0	1.0	178		
T1:1.5-3		49.0	24.0	1.0	183		

Fuente: Adaptado del Cuadro 4.2 del antecedente.

Tabla 6: Resistencia a la flexión de tejas de microcemento comercializadas en la ciudad de Lima.

Especímen	Modelo	Dimensiones (cm)			Carga máxima (Kg)		
		Largo	Ancho	Espesor	Rotura	Promedio	Norma UNE
TC-1	ondulada	50.0	25.0	1.0	153	156	140
TC-2		50.0	25.0	1.0	163		
TC-3		50.0	25.0	1.0	153		

Fuente: Adaptado del Cuadro 4.6 del antecedente.



Otro aspecto que se relaciona el antecedente y la tesis son los tipos de falla que presentan las tejas después del ensayo de flexión clasificándose en los siguientes tipos: transversal, diagonal y mixta.

## 2.1.2. Antecedentes a nivel internacional.

### 2.1.2.1. Antecedente internacional 1.

- **Título de tesis:** “Normalización y Estandarización de la Fabricación de Ladrillos y Tejas del Cantón Chambo”

**Autor:** Cristian Fabricio Gavilanes Castillo y Grace Carolina Santellán Naulasaca

**Institución:** Universidad Nacional de Chimborazo Riobamba, Ecuador – 2016

En esta investigación los autores determinan cuáles son los errores cometidos en la fabricación de los ladrillos cerámicos macizos y tejas cerámicas curvas fabricadas en el Cantón Chambo Riobamba ubicada en la parte central del Ecuador. Esta determinación resulta de la aplicación de normas y especificaciones con el propósito de mejorar su calidad.

El antecedente tiene cuatro partes: La primera parte corresponde a un levantamiento de información de los estudios realizados en los proyectos de grado de la Universidad Nacional de Chimborazo Escuela Profesional de Ingeniería Civil. La segunda parte corresponde a la verificación de los ladrillos y tejas bajo los requisitos que exigen las normas INEN para ello seleccionan tres fábricas de ladrillo cerámico macizo y una fábrica de teja cerámica curva.

La tercera parte corresponde a la determinación de los factores que influyen en la calidad de ladrillos y tejas bajo la realización de encuestas. Y la cuarta parte corresponde a la fabricación de ladrillos macizo Tipo C con los requerimientos establecidos en la norma INEN.

Los investigadores concluyen para la primera parte que los ladrillos y las tejas producidas en el cantón Chambo no cumplen con los requisitos exigidos por las normas INEN. Para la segunda parte determinan de los ensayos aplicados a los ladrillos cerámicos macizos y tejas cerámicas curvas que no cumplen con lo exigido en las normas INEN. Para la tercera parte la fabricación de los ladrillos sigue siendo artesanal, pero un 87% de los artesanos han adquirido máquinas para realizar la mezcla del material; el ladrillo sigue siendo el material más comercializado en la construcción, mas no así las tejas las cuales se dejaron de fabricar porque perdieron totalmente su demanda comercial; la extracción de la materia prima es principalmente obtenida de: Guayllabamba, Lluclud y Airón, a la misma que se le añade aserrín y en algunos casos polvo de ladrillo según criterio del artesano fabricante; el precio de comercialización de ladrillo varia

muy poco entre los productores hasta la época de invierno en el cual se incrementa; el tiempo de quema varía según el tipo de horno y la capacidad del mismo; los artesanos no utilizan equipos de seguridad. Para la cuarta parte determinan de los ensayos aplicados a las probetas de ladrillos cerámicos macizos fabricados de acuerdo a los requisitos cumplen satisfactoriamente con lo establecido en las normas INEN 294, 295 y 296.

La relación existente entre este antecedente y la tesis está en los resultados de la evaluación aplicada a las tejas cerámicas curvas fabricadas en Canton Chambo utilizando las normas INEN 988 y 989 cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 7: Resultado de determinación de la absorción de agua de las tejas cerámicas fabricadas en Canton Chambo – Ecuador.

N° de Probeta	Codificación de la muestra	Tipo	Absorción (%)	Promedio (%)
1	F1	A	17.73	17.99
2	F1	A	17.75	
3	F1	A	18.07	
4	F1	A	18.37	
5	F1	A	18.03	

Fuente: Adaptado de la Tabla 20 del antecedente.

Tabla 8: Resultado de determinación de resistencia a la flexión de las tejas las cerámicas fabricadas en Canton Chambo – Ecuador.

N° de Probeta	Codificación de la muestra	Tipo	Carga de rotura (Kg)	Promedio (Kg)
1	F1	A	88	88.6
2	F1	A	95	
3	F1	A	98	
4	F1	A	77	
5	F1	A	85	

Fuente: Adaptado de la Tabla 21 del antecedente.

### 2.1.2.2. Antecedente internacional 2.

- **Título de tesis:** “Caracterización Física, Mecánica y Térmica de Materiales Vernáculos de la Región Sierra del Ecuador”.

**Autor:** Xavier Alejandro Guerra Sarche y Andrés Alejandro Jaramillo Villacís

**Institución:** Escuela Politécnica Nacional, Ecuador - 2015.

El antecedente cuantifica las magnitudes de las propiedades físicas, mecánicas y térmicas de materiales de construcción vernáculos de la región sierra del Ecuador de Pichincha, Cotopaxi y



Imbabura como es la teja de tierra cocida curva y el adobe de tierra con paja utilizados en la construcción de edificaciones y viviendas. Tomando como referencia las normas técnicas: Ecuatoriana INEN 988, Peruana E.080 y Americana ASTM: D7263, D4611, C518.

En la investigación se realiza los ensayos de densidad para adobes y tejas; ensayo de resistencia a la compresión para adobes; ensayo de resistencia a la flexión de para tejas; ensayos de conductividad térmica y calor específico para tejas y adobes. Luego de la toma de datos se analiza estadísticamente para determinar el valor medio de cada una de las propiedades evaluadas de los materiales vernáculos de la región sierra del Ecuador.

Los investigadores llegan a las conclusiones para dar con los valores de las propiedades de los materiales vernáculos de la región sierra del Ecuador resumida en las tablas siguientes:

Tabla 9: Caracterización física, mecánica y térmica de adobes de la Provincia de Pichincha – Ecuador.

Característica	Unidad	Valor
Densidad	Kg/m <sup>3</sup>	1590.00
Resistencia a compresión	Kg/cm <sup>2</sup>	20.69
Conductividad térmica	W/m K	1.22
Calor específico	J/Kg K	657.00

Fuente: Conclusiones del antecedente.

Tabla 10: Caracterización física, mecánica y térmica de tejas cerámicas curvas artesanales de las Provincias de Imbabura, Cotopaxi y Pichincha – Ecuador.

Característica	Unidad	Valor
Densidad	Kg/m <sup>3</sup>	1759.00
Resistencia a la flexión	Kgf	45.28
Conductividad térmica	W/m K	0.82
Calor específico	J/Kg K	806.00

Fuente: Conclusiones del antecedente.

La relación existente entre este antecedente y la tesis es que nos permite validar y comparar el valor de la resistencia a la flexión de la teja artesanal de las provincias de Imbabura, Cotopaxi y Pichincha – Ecuador con su similar de Piñipampa – Cusco.

### 2.1.2.3. Antecedente internacional 3.

- **Título de tesis:** “Sustitución de Vidrio Crudo a Base Óxido de Plomo por uno Fritado en la Elaboración de Tejas en el Sector San José de Balzay y Racar”.

**Autor:** Andrea Nataly Álvarez Delgado y Gabriela Marcela Chacho Uyaguari

**Institución:** Universidad de Cuenca, Ecuador - 2015.

La tesis inicia con un levantamiento de información del área de estudio comprendida en los sectores de los Lirios, Santísima Trinidad y Pan Azúcar ubicados en la parroquia de San Sebastián en la parte noroccidental de la ciudad de Cuenca – Ecuador, para conocer las condiciones de trabajo de la fabricación de tejas vidriadas, las materias primas utilizadas y como se manipulan estos materiales. Seguidamente caracterizan las materias primas y las pastas utilizadas en la elaboración de tejas a través de ensayos de: análisis químico; contracción al secado y contracción total; granulometría y plasticidad. Seguidamente contrastan las características de las tejas producidas con los requisitos exigidos por las normas INEN encontrando las siguientes características para las tejas cerámicas que se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 11: Resultado de resistencia a la flexión de las tejas fabricadas en la parroquia de San Sebastián de la ciudad de Cuenca – Ecuador.

Descripción del tipo de teja	Carga de rotura (Kg)
Teja artesanal	30.25
Teja artesanal vidriada	22.60
Teja mecanizada	43.17
Teja mecanizada vidriada	42.32

Fuente: Adatado de la tabla 2.14 del antecedente.

Tabla 12: Resultado de absorción de agua en tejas fabricadas en la parroquia de San Sebastián de la ciudad de Cuenca – Ecuador.

Descripción del tipo de teja	Absorción de Agua (%)
Teja artesanal	14.27
Teja artesanal vidriada	17.64
Teja mecanizada	16.65
Teja mecanizada vidriada	15.54

Fuente: Adatado de la tabla 2.15 del antecedente.

Seguidamente determinan una frita, que es un material que sirve para vidriar la teja, y esta tenga un acople óptimo pasta – vidrio a través de un diseño experimental para aplicar sobre las tejas artesanales y mecanizadas. Luego validan en campo con la producción de tejas artesanales y mecanizadas. En la validación realizan el monitoreo de temperaturas de cocción de la primera quema que alcanza los 650 °C en 8 horas y posteriormente coccionan para el vidriado de la teja alcanzando 850 °C en 22 horas.

Al determinar la dosificación que tiene mejor acople con la frita también se mejora las características de las tejas relacionadas a su absorción de agua y resistencia a la flexión. Los resultados se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 13: Resultado de resistencia a la flexión de las tejas con frita mejorada fabricadas en la Parroquia de San Sebastián de la ciudad de Cuenca – Ecuador.

Descripción del tipo de teja	Carga de rotura (Kg)
Tejas artesanales bizcochadas	31.00
Tejas artesanales vidriadas (EFA-80)	43.50
Tejas artesanales vidriadas (A5CT-8200)	30.60
Tejas semi-mecanizadas bizcochadas	58.33
Tejas semi-mecanizadas vidriadas (EFA-80)	88.75
Tejas semi-mecanizadas vidriadas (A5CT-8200)	97.20

Fuente: Adaptado de Tabla 5.2 del antecedente.

Tabla 14: Resultado de absorción de agua por las tejas con frita mejorada fabricadas en la Parroquia de San Sebastián de la ciudad de Cuenca – Ecuador.

Descripción del tipo de teja	Absorción de agua (%)
Tejas artesanales bizcochadas	18.07
Tejas artesanales vidriadas (EFA-80)	14.72
Tejas artesanales vidriadas (A5CT-8200)	15.23
Tejas semi-mecanizadas bizcochadas	16.08
Tejas semi-mecanizadas vidriadas (EFA-80)	14.35
Tejas semi-mecanizadas vidriadas (A5CT-8200)	15.14

Fuente: Adaptado de Tabla 5.1 del antecedente.

Las investigadoras llegan a las conclusiones siguientes:

Se evidencia una mejora significativa en cuanto a la resistencia a la flexión, siendo éste más representativo en el caso de las tejas semi-mecanizadas vidriadas, siendo para las bizcochadas un 15,16%, las tejas artesanales bizcochadas un 0,75%.

Las tejas semi-mecanizadas vidriadas con EFA-80 tuvieron un incremento del 46,43% y con la frita A5-8200 un 54,88%. Las tejas artesanales vidriadas con EFA-80 un 20,9 % y con A5-8200 un 8%.

Para las tejas elaboradas con las dosificaciones propuestas en los semi-mecanizados, se observa una disminución del 2,76% en promedio para la absorción de agua, para las tejas artesanales se obtuvo una disminución del 0,40% en promedio.

Al disminuir la absorción de agua, ayuda a mejorar la resistencia, además evita el crecimiento de musgos en la superficie de las tejas.

Las dimensiones en ambos casos son menores a las normalizadas, lo que implica una disminución en la resistencia a la flexión, que está en función de las mismas, evitando que se alcancen los valores indicados en la norma INEN 990, aunque la mejora en estos parámetros es notoria.

La relación existente entre este antecedente y la tesis es que nos permite validar y comparar los valores de la resistencia a la flexión y absorción de agua de las tejas fabricadas en la Parroquia de San Sebastián de la ciudad de Cuenca – Ecuador con su similar de Piñipampa – Cusco.

Tabla 15: Dimensiones promedio de las tejas elaboradas en la Parroquia de San Sebastián de la ciudad de Cuenca – Ecuador.

Descripción	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Flecha de curvatura mayor (cm)	Espesor (cm)
Norma INEN 986	44.00	22.00	6.00	1.00
Tejas artesanales	28.24	15.01	4.02	0.74
Tejas semimecanizadas	31.98	17.06	6.07	0.89

Fuente: Adaptado de la tabla 1.1 del antecedente.

#### 2.1.2.4. Antecedente internacional 4.

- **Título de tesis:** “Análisis de las Características Físicas y del Comportamiento Mecánico de las Tejas Cerámicas Curvas Antiguas y su Evolución en el Tiempo”.

**Autor:** María Almudena García González

**Institución:** Universidad Politécnica de Madrid, Master Oficial en Técnicas y Sistemas de Edificación, España – 2011.

En este antecedente la investigadora analiza y estudia las características físico – mecánicas de las tejas curvas antiguas; la evolución en el tiempo de sus prestaciones como material de cobertura y establecer su idoneidad frente a las exigencias actuales de los materiales de cubierta obtenidas de edificaciones demolidas en la provincia de Segovia en España. Asimismo hace el análisis y estudio de la influencia de la colonización orgánica de las tejas en su comportamiento físico-mecánico.

El análisis realiza en tres rangos de edad: tejas nuevas 0 años de antigüedad, tejas colonizadas por líquenes y musgos de 50 – 60 años de antigüedad y tejas colonizadas de líquenes y musgos de 100 – 120 años de antigüedad, y evalúa con los parámetros de norma UNE-EN 1304, UNE-EN 538 consistente en los ensayos de: Permeabilidad, absorción, helacidad y resistencia a flexión.

Llegando a las conclusiones siguientes:

Para la característica de impermeabilidad que es un requisito indispensable de todo material de cobertura, las tejas antiguas con depósito de musgos y líquenes durante los años de su prestación clasifica como de categoría 1, característica que no es posible sin esta capa orgánica propia de su edad y esta característica es comparable a tejas cerámicas mecanizadas nuevas.

Para la característica de absorción en 24 horas de inmersión en agua de las tejas nuevas son muy homogéneos, sin embargo tanto las tejas de 50 años, como las de 100 años, resultan tener valores de absorción muy dispares, por tanto este ensayo no puede relacionar la absorción con el grado de colonización, ya que la teja sumergida 24 horas se satura siempre al 100%.

Para la característica de su capacidad mecánica no es afectada por el paso del tiempo, asimismo la capa orgánica de musgo y líquenes no afecta su resistencia a flexión.

Para el aspecto de su durabilidad tanto a las tejas nuevas como las tejas antiguas son sometidos a temperaturas bajas ( $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y determina que son resistentes a heladas y no muestra signos de deterioro.

La relación existente entre este antecedente y la tesis es para validar y comparar los resultados de la caracterización de sus propiedades físicas y mecánicas evaluadas; estos resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 16: Resultado de caracterización dimensional y peso de tejas nuevas y antiguas fabricadas en la Provincia de Segovia – España.

<b>Tipo de teja cerámica</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>	<b>Peso (g)</b>
Teja cerámica mecanizada nueva	40.40 – 40.60	1.24 – 1.29	2301.01 – 2356.70
Teja cerámica artesanal antigua de 50 a 60 años	38.40 - 43.30	1.23 – 1.73	1833.39 – 2989.50
Teja cerámica artesanal antigua de 100 a 120 años	38.90 – 44.30	1.25 – 1.74	1602.61 – 2973.13

Fuente: Adaptado del Cuadro 1 del antecedente.

Tabla 17: Resultados promedios de absorción en 24 horas de inmersión de tejas nuevas y antiguas fabricadas en la provincia de Segovia – España.

<b>Tipo de teja cerámica</b>	<b>Absorción en 24 horas</b>
Teja cerámica mecanizada nueva	9.12 %
Teja cerámica artesanal antigua de 50 a 60 años	3.11 % - 15.50 %
Teja cerámica artesanal antigua de 100 a 120 años	4.53 % - 15.79 %

Fuente: Adaptado de las conclusiones del ensayo de absorción del antecedente.

Tabla 18: Resultados promedios de la capacidad resistente a flexión de las tejas nuevas y antiguas fabricadas en la provincia de Segovia – España.

<b>Tipo de teja cerámica</b>	<b>Carga de rotura</b>	
	<b>(KN)</b>	<b>(Kg)</b>
Teja cerámica mecanizada nueva	2.21	225.28
Teja cerámica artesanal antigua de 50 a 60 años	2.16	220.18
Teja cerámica artesanal antigua de 100 a 120 años	2.11	215.08

Fuente: Adaptado de relación de carga de rotura – antigüedad, del antecedente.



### 2.1.2.5. Antecedente internacional 5.

- **Título de investigación:** “¿Cómo influyen las malas prácticas en la calidad de productos cerámicos?”.

**Autor:** Gustavo Guerrero Gómez, Carlos Humberto Acevedo Peñaloza y Nelson Escobar Mora

**Institución:** Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia - 2018.

Este antecedente muestra algunos estudios de las características de los productos cerámicos fabricados en chircales del municipio de Ocaña del departamento de norte de Santander - Colombia, mediante ensayos destructivos de compresión y resistencia a flexión y no destructivos de tasa de absorción inicial y absorción de 24 horas de inmersión para los bloques y ladrillos macizos; y para las tejas cerámicas el ensayo de Absorción de 24 horas de inmersión. Los resultados de estas pruebas se comparan con los parámetros establecidos en la norma técnica NTC 4205. También hacen una serie de recomendaciones especialmente del proceso productivo de los productos cerámicos.

Los investigadores llegan a las siguientes conclusiones:

Del ensayo de “Tasa de Absorción Inicial” de bloques cerámicos solo el 6.25% de los fabricantes cumple con estipulado por norma mientras que el 93.75 % no cumplen con lo reglamentado.

Del ensayo de “Inmersión durante 24 horas”: de bloques cerámicos de mampostería no estructural de uso interior el 68.42 % de las ladrilleras cumplen con la normativa y 31.58 % no cumplen; para bloques cerámicos de mampostería no estructural de uso exterior el 94.74 % no cumplen con la normativa y solo 5.26 % cumple.

Del ensayo de “Inmersión durante 24 horas” de tejas cerámicas de la ladrillera Las Violetas tiene un promedio de 16.79 % de absorción de 5 muestras; de acuerdo a la normativa NTC 2086 esta debe ser menor a 10 %, por lo que requiere de un ensayo adicional de permeabilidad.

Del ensayo de “resistencia a la compresión” de piezas de ladrillo macizo de las muestras seleccionadas alcanza a un promedio de 4.71 MPa valor inferior a 14 MPa que establece la normativa, por lo que ninguna de las ladrilleras cumple con lo indicado por la regulación.

Del ensayo de “módulo de rotura o de flexión” de piezas de ladrillo macizo alcanzan a un promedio de 2.24 MPa; solo una ladrillera no cumple de las 17 ladrilleras que equivale al 5.88 % mientras que el 94.12 % satisfacen la normativa.

Existe relación con la tesis para validar y tener una referencia la magnitud de la propiedad de absorción por inmersión por 24 horas aplicado a tejas cerámicas fabricadas en el municipio de Ocaña – Colombia.

Tabla 19: Absorción de agua de las tejas cerámicas de municipio de Ocaña - Colombia.

Ladrillera	ID de muestra	Absorción (%)	Absorción promedio (%)
Las Violetas	13	16.30	16.79
	15	16.99	
	18	16.43	
	19	17.04	
	20	17.19	

Fuente: Adaptado de la tabla 6 del antecedente.

## 2.2. Aspectos teóricos pertinentes

### 2.2.1. Aspectos generales.

#### 2.2.1.1. Definición de manufactura.

La palabra manufactura tiene varios siglos de antigüedad, y deriva de las palabras latinas manus (mano) y factus (hacer) "hecho a mano" que describe en forma adecuada los métodos manuales que se utilizaban cuando se acuñó la expresión. En el contexto moderno la manufactura puede definirse de dos maneras: una tecnológica y otra económica.

En el sentido tecnológico, la manufactura es la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, propiedades o apariencia de un material de inicio dado para fabricar piezas o productos. Los procesos para llevar a cabo la manufactura involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual como se ilustra en la figura 4. Habitualmente, la manufactura se ejecuta como una secuencia de operaciones y cada una de éstas llevan al material más cerca del estado final que se desea (Groover, 2007).

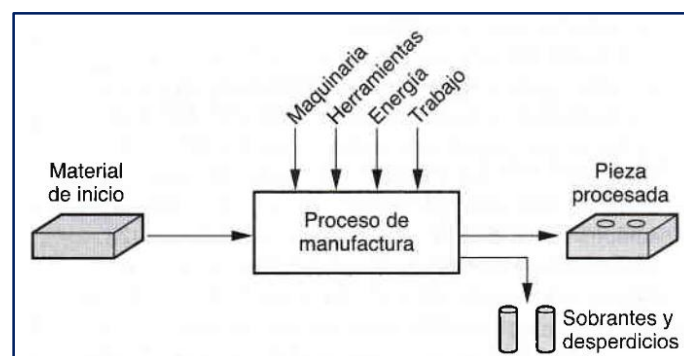


Figura 4: La definición de manufactura en el sentido tecnológico.

Fuente: (Groover, 2007)

En el sentido económico económico, la manufactura es la transformación de los materiales en artículos de valor mayor por realizar uno o más operaciones de procesamiento o ensamblado, según lo ilustra la figura 5. El material se hace más valioso por medio de las operaciones de manufactura realizadas en él (Groover, 2007).

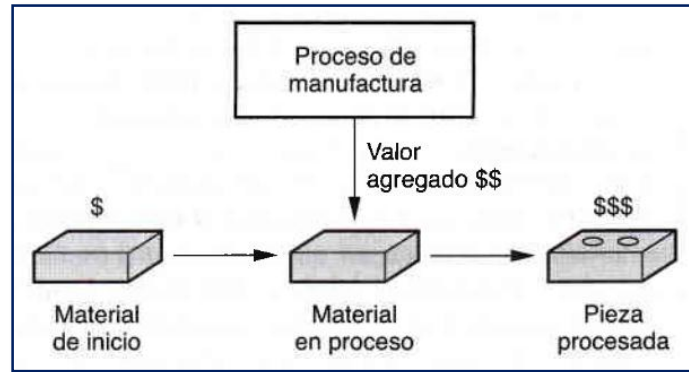


Figura 5: La definición de manufactura en el sentido tecnológico.

Fuente: (Groover, 2007)

**2.2.1.2. Materiales cerámicos.**

La palabra cerámica proviene del griego keramos, que significa arcilla de vasijas o trastos hechos de barro cocido. El material cerámico es un compuesto inorgánico que consiste en un metal (o semimetal) y uno o más no metales. La importancia que tienen los cerámicos como materiales de la ingeniería se deriva de su abundancia en la naturaleza y sus propiedades mecánicas y físicas, que son muy diferentes de las de los metales (Groover, 2007).

Una definición más amplia considera a los materiales cerámicos como todo aquello que no es un metal o un material orgánico y que se somete a temperaturas elevadas durante su manufactura o en su uso (Schey, 2002).

Los elementos de los materiales cerámicos están enlazados entre si principalmente por enlaces iónicos y/o enlaces covalentes (Smith y Hashemi, 2006).

Tabla 20: Elementos más comunes de la corteza terrestre.

Oxígeno	Silicio	Aluminio	Hierro	Calcio	Sodio	Potasio	Magnesio
50%	26%	7.2%	4.7%	3.5%	2.7%	2.6%	2.0%

Fuente: (Groover, 2007)

**2.2.1.2.1. Clasificación de Materiales Cerámicos.**

Güemes y Martín (2012) clasifican los cerámicos utilizados en ingeniería como sigue:





- Cerámicos tradicionales. Las materias primas de estos cerámicos son productos naturales sin control de pureza. Las cerámicas tradicionales incluyen:
  - Productos de tierra cocida y porcelanas. Se utilizan en la construcción y en la industria eléctrica respectivamente y están constituidos por arcilla (caolín)  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y cuarzo  $\text{SiO}_2$ , en el caso de los productos de tierra cocida (ladrillos y tejas) y además por feldespato  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{K}_2\text{O}$  en el caso de las porcelanas.
  - Vidrios. Básicamente constan de un óxido generador del vidrio ( $\text{SiO}_2$  o  $\text{B}_2\text{O}_3$ ), de óxidos fundentes ( $\text{K}_2\text{O}$  o  $\text{Na}_2\text{O}$ ) y de óxidos modificadores ( $\text{PbO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).
  - Cementos. Las materias primas son calizas y arcillas, dado que la composición de un cemento incluye los óxidos  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
- Cerámicos ingenieriles o técnicos. Se trata de cerámicos constituidos por compuestos puros o casi puros procedentes de materias primas naturales o sintéticas. Ejemplos típicos son la alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), carburo de silicio ( $\text{SiC}$ ), y nitruro de silicio ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ).

#### **2.2.1.2.2. Estructura y propiedades de los materiales cerámicos.**

La composición de materiales cerámicos se caracterizan por tener enlaces covalentes e iónicos. Estos son más fuertes que los enlaces metálicos de los metales, lo que ayuda a la dureza y rigidez alta pero la ductilidad de los materiales cerámicos es baja.

La presencia de electrones libres en el enlace metálico explica por qué los metales son buenos conductores del calor y la electricidad, y la presencia de electrones estrechamente empacados en las moléculas de los materiales cerámicos explica el que estos materiales sean malos conductores. Este enlace fuerte también confiere a los materiales cerámicos temperaturas de fusión altas, aunque en este caso algunas cerámicas se descomponen, en lugar de fundirse.

La mayoría de los materiales cerámicos adopta estructura cristalina (Groover, 2007).

#### **A. Propiedades físicas**

Las propiedades físicas se definen como el comportamiento de los materiales en respuesta a fuerzas físicas distintas de las mecánicas. Esto incluye las propiedades volumétricas, térmicas, eléctricas y electroquímicas. Los componentes de un producto deben hacer más que sólo soportar los esfuerzos mecánicos (Groover, 2007).

La dilatación térmica de los materiales cerámicos es menor que la de los metales (Schey, 2002).

## B. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas determinan su comportamiento cuando se somete a esfuerzos mecánicos. Se incluyen el módulo de elasticidad, ductilidad, dureza y distintas medidas de la resistencia. Las propiedades mecánicas son importantes porque el funcionamiento y rendimiento de un producto dependen de su capacidad para resistir la deformación ante los esfuerzos a que se le somete durante su uso (Groover, 2007).

En los materiales cerámicos la resistencia a la tensión observada varía mucho, desde valores muy bajos de menos de 0.69 MPa. También hay grandes diferencias entre las resistencias a la tensión y a la compresión de los materiales cerámicos, siendo las resistencias a la compresión generalmente de unas cinco a 10 veces más altas que las resistencias a la tensión (Smith y Hashemi, 2006).

Tabla 21: Resultado de ensayos de compresión en ladrillos usando diferentes testigos.

Testigo	Resistencia a la compresión (MPa)			Promedio (%)
	Ladrillo 1	Ladrillo 2	Ladrillo 3	
Ensayo estándar en ½ ladrillo	102	70	17	100
Ensayo estándar con lamina reductora de fricción	59	44	9	59
Ensayo en cilindro de 22 mm de Diámetro y 44 mm de altura sin reductor de fricción	67	55	17	73

Fuente: Adaptado de Tabla 4.6 (Gallegos y Casabonne, 2005)

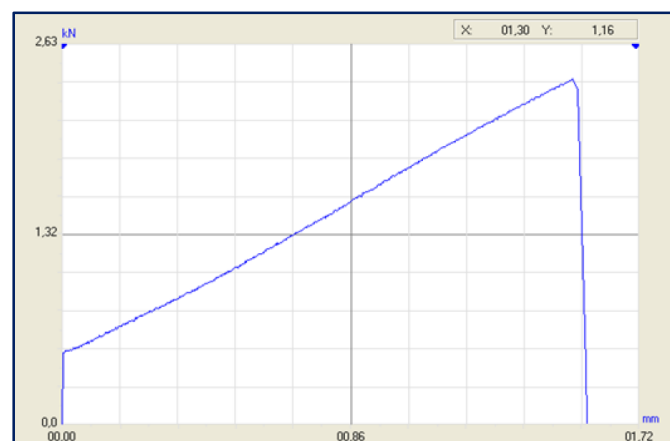


Figura 6: Diagrama carga de rotura – deformación de tejas cerámicas.

Fuente: Grafico de carga de rotura – carrera (García, 2011).

### C. Propiedades químicas

Los materiales cerámicos tienen una gran ventaja es que son resistentes al ataque químico por gases, líquidos e incluso por materiales fundidos a elevada temperatura (Schey, 2002).

#### 2.2.1.2.3. *Materias primas de los materiales cerámicos tradicionales.*

Las arcillas son materiales inorgánicos, no metálicos de formación sedimentaria caracterizada por una estructura constituida por planos superpuestos y con el agua forman un sistema arcilla - agua con mayor o menor plasticidad y cuando se secan se contraen además de adquirir resistencia y que al ser cocidos a alta temperatura adquieren dureza y durabilidad. Además las arcillas están constituidas por los llamados minerales de arcilla siendo los principales los siguientes:

- Caolinita  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
- Montmorrillonita  $Al_2O_3 \cdot (Mg, Ca) \cdot 5SiO_2 \cdot nH_2O$
- Illita  $K_2O - MgO - Al_2O_3 - 2SiO_2 - H_2O$  (Valdez de la Torre, 1994).

La Sílice  $SiO_2$  es otra materia prima importante para los cerámicos tradicionales, existe en la naturaleza en varias formas, la más importante de ellas es el Cuarzo. La fuente principal del Cuarzo es la arenisca que también es duro y de química estable. A estas características se debe el uso en los productos cerámicos. Por lo general se mezclan en proporciones distintas con arcilla y otros minerales a fin de obtener características apropiadas del producto final.

El feldespato es otro de los minerales que se emplea con frecuencia que es cualquiera de varios minerales cristalinos que consisten en Silicato de Aluminio combinado con cualquiera de los elementos de Potasio, Sodio, Calcio o Bario. Y finalmente otra materia prima importante para los cerámicos tradicionales es la Alúmina (Groover, 2007).

#### 2.2.1.2.4. *Procesamiento de los cerámicos tradicionales.*

La mayor parte de los productos de cerámica tradicionales y de ingeniería se fabrican compactando polvos o partículas en moldes de formas diferentes que posteriormente se calientan a una temperatura suficientemente alta para que las partículas se unan entre sí. Los pasos básicos del procesamiento de cerámicas por aglomeración de partículas son: 1) preparación del material, 2) formación o vaciado y 3) tratamiento térmico por secado (que generalmente no se requiere) y 4) cocción por calentamiento de la pieza de cerámica hasta una temperatura lo bastante alta para que las partículas se unan (Smith y Hashemi, 2006).

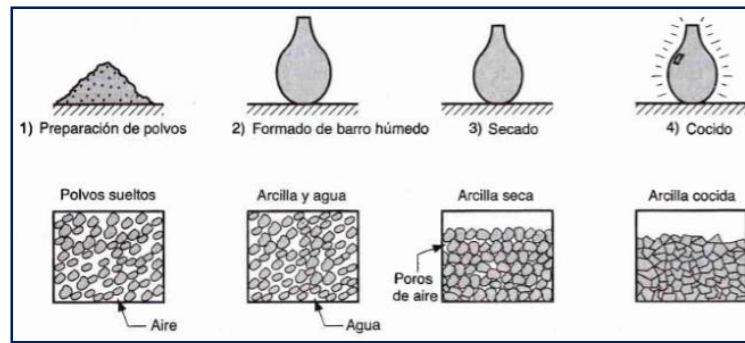


Figura 7: Procesamiento de cerámicas tradicionales.

Fuente: (Groover, 2007).

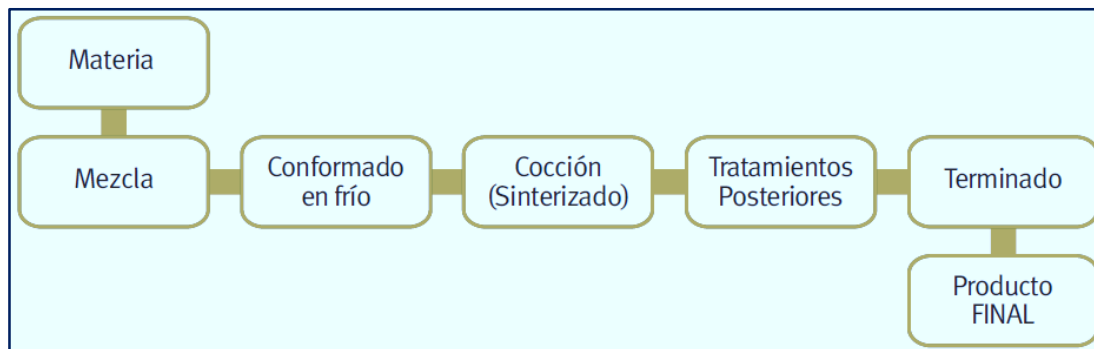


Figura 8: Esquema de procesos cerámicos tradicionales.

Fuente: (INET, 2011)

## 1. Preparación de las materias primas

Los procesos de formado o moldeo de los productos cerámicos tradicionales requieren que el material inicial tenga la forma de una pasta plástica, compuesta de finos polvos cerámicos mezclados con agua; su consistencia determina la facilidad para formar el material y la calidad del producto final. Las materias primas cerámicas se encuentran generalmente en la naturaleza como terrones, y su reducción a polvo es el propósito de los pasos de preparación en el procesamiento cerámico.

Las técnicas para reducir el tamaño de las partículas en el procesamiento de las cerámicas aportan varias formas de energía mecánica, como impacto, compresión y frotamiento. El término pulverización se usa para estas técnicas, las cuales son más efectivas en materiales frágiles. Se distinguen dos tipos generales de operaciones de pulverización: el triturado y la molienda.

El triturado se refiere a la ruptura de grandes trozos provenientes de la mina en tamaños más pequeños para su reducción posterior. Se puede requerir varias etapas (por ejemplo, triturado primario y triturado secundario). El equipo que se usa para realizar el triturado

es de varios tipos. En la figura se muestran algunos equipos utilizados para llevarlo a cabo:

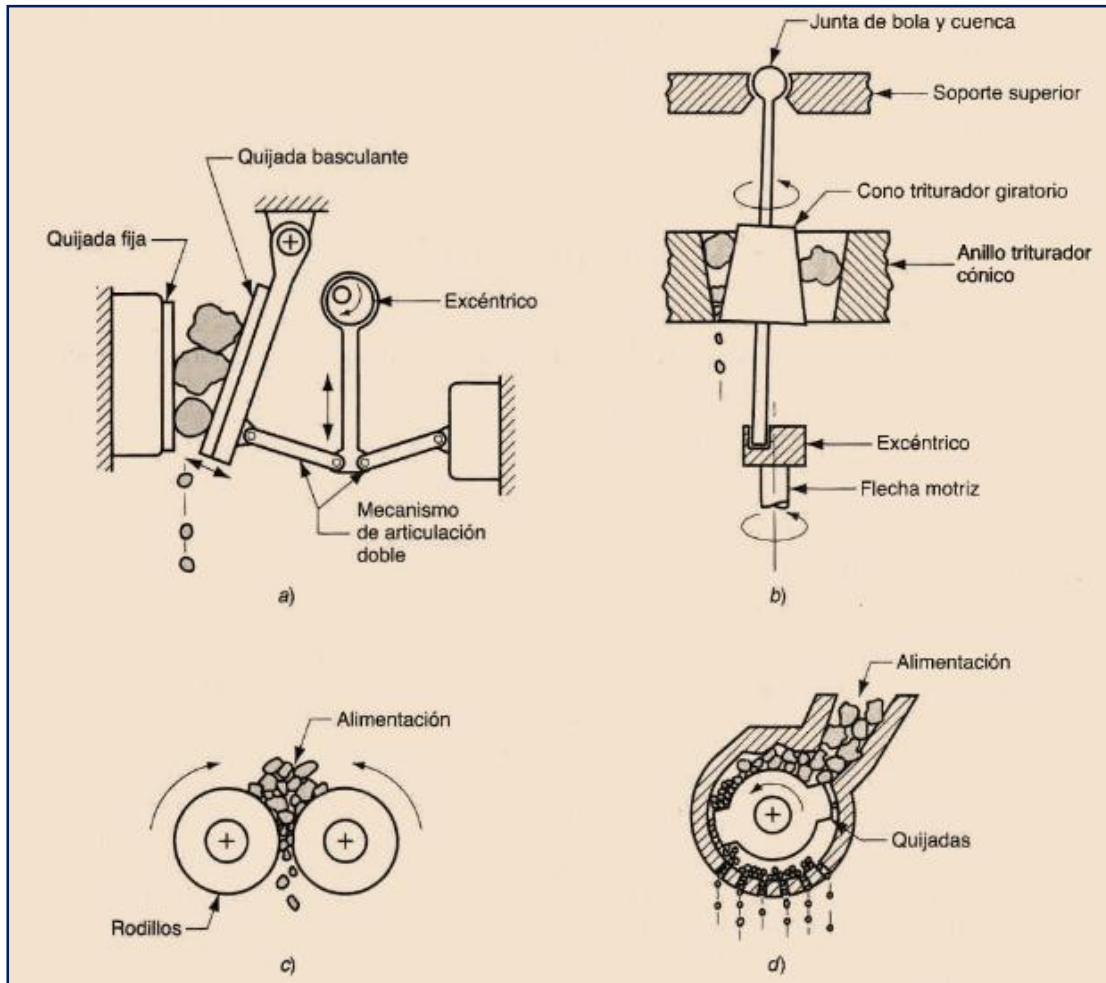


Figura 9: Tipos de equipos utilizados en la trituración de materias primas.

Fuente: (Groover, 2007)

a) Trituradores de quijadas, en los cuales una quijada grande se mueve hacia delante y hacia atrás para triturar los terrones contra una superficie dura y rígida, b) Trituradores giratorios, que usan un cono giratorio para comprimir los trozos contra una superficie dura y rígida, c) Trituradores de rodillos, en los cuales los trozos de cerámica se aprietan entre tambores rotatorios; y d) Molinos de martillos, que usan martillos rotatorios para golpear el material y romper los trozos.

La pasta plástica requerida para el formado consiste en polvos cerámicos y agua. La arcilla es el ingrediente principal de la pasta, ya que tiene características ideales de formado. Mientras más agua tenga la mezcla, la arcilla será más plástica y fácil de formar. Sin embargo, cuando se seca y se cuece la pieza formada, se presenta la contracción que puede causar grietas en el producto. Para evitar este problema se añaden



a la pasta otras materias primas cerámicas que no se encogen al secarse y quemarse (o cocción), con frecuencia en cantidades significativas. También se pueden añadir otros componentes que tienen funciones especiales. De esta manera, los ingredientes de la pasta cerámica se pueden dividir en las siguientes tres categorías:

1) Arcilla, que proporciona la consistencia y plasticidad requeridas para el formado, 2) Materias primas no plásticas, tales como Sílice y Alúmina, que no se encogen durante el secado y el cocido, pero desafortunadamente reducen la plasticidad en la mezcla durante el formado y 3) otros ingredientes, tales como fundentes, que vitrifican durante el cocimiento y promueven la sinterización del material cerámico (feldespato) y agentes humectantes que mejoran la mezcla de los ingredientes. Estos ingredientes se mezclan perfectamente por vía húmeda o seca. También deben ajustarse las cantidades apropiadas de polvo y agua en la pasta, de manera que se pueda aumentar o disminuir la humedad, dependiendo de la condición anterior de la pasta y de la consistencia final deseada (Groover, 2007).

En productos de cerámica tradicional que no tienen propiedades muy “críticas”, como ladrillos comunes, tubos de alcantarillado y otros productos de arcilla, el mezclado de los ingredientes con agua es una práctica común (Smith y Hashemi, 2006).

Luego de la mezcla de los polvos de materias primas con el agua se realiza el amasado que sirve para orientar las partículas de la arcilla en todas direcciones para evitar una orientación por zonas y también distribuye la humedad uniformemente en toda la masa, asimismo se elimina gradualmente el exceso de agua y las burbujas de aire (Valdez de la Torre, 1994).

## **2. Procesos de formado o moldeo**

El método de formado define decisivamente la calidad del producto cerámico, la variabilidad de sus propiedades y su textura (Gallegos y Casabonne, 2005).

Las proporciones óptimas de polvo (arcillas y arena fina trituradas) y agua dependen del proceso de formado o moldeo que se usa para la manufactura de productos cerámicos. Algunos procesos de formado requieren alta fluidez con cerca de 50% de agua, la mezcla es una pasta aguada que fluye como un líquido. Al reducirse el contenido de agua, se hace necesario aumentar la presión sobre la pasta para producir un flujo similar. Por tanto, los procesos de formado pueden dividirse con base en la consistencia de la mezcla:

- a) Fundición o vaciado deslizante, en la cual la mezcla es ligera con 25 a 40% de agua.
- b) Formado plástico, en los cuales se forma la arcilla en condición plástica con 15 a 25% de agua.
- c) Prensado semiseco, en el cual la arcilla está húmeda (10 a 15% de agua), pero posee baja plasticidad.
- d) Prensado seco, en el cual la arcilla está básicamente seca, contiene menos de 5% de agua. La arcilla seca no tiene plasticidad.

Estas cuatro categorías se representan en la gráfica de la figura, donde se comparan estas categorías con la condición de la arcilla que se usa como material inicial. Cada categoría incluye varios procesos diferentes de formado (Groover, 2007).

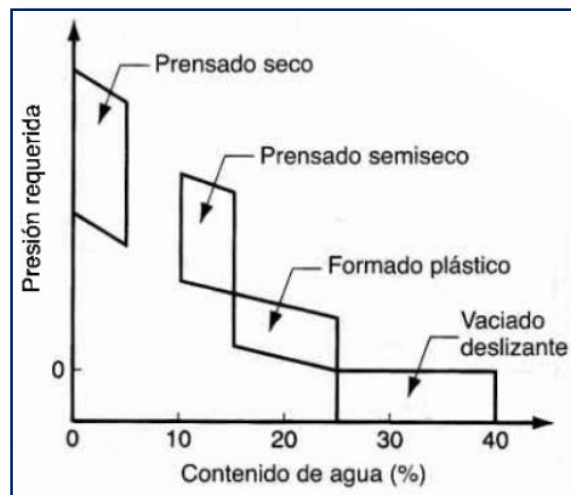


Figura 10: Gráfica de procesos de formado considerando contenido de agua y presión.

Fuente: (Groover, 2007)

### Formado plástico

Esta categoría incluye varios métodos manuales y mecanizados. Todos ellos requieren que la mezcla inicial tenga consistencia plástica, lo cual se logra generalmente con un contenido de agua de 15 a 25%. Para los métodos manuales se usan generalmente arcillas en el límite superior del rango, que constituyen un material más fácil de formar; sin embargo, esto viene acompañado de mayor contracción en el secado. Los métodos mecanizados emplean por lo general mezclas con menor contenido de agua y por tanto la arcilla inicial es más espesa.

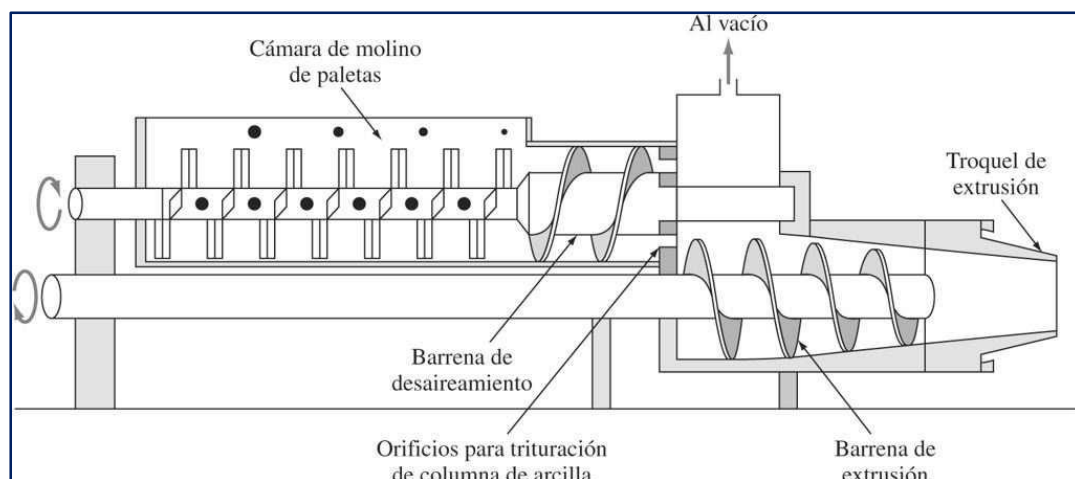
Los métodos manuales de formado plástico se remontan a miles de años atrás, actualmente los siguen usando hábiles artesanos. El modelado a mano involucra la

creación del producto cerámico por manipulación de la masa de arcilla plástica a fin de darle la forma deseada (Groover, 2007).

Es el primer método utilizado por el hombre para dar forma a una pasta formada por arcillas y agua manualmente o con la ayuda de herramientas sencillas y moldes (INET, 2011).

El método mecanizado de extrusión es una técnica popular para fabricar tubos, ladrillos, tejas para horno y aislantes (Askeland, Fulay y Wright, 2011).

Se usa en el procesamiento cerámico para producir secciones largas de sección transversal uniforme que se cortan a la longitud de pieza requerida. El equipo de extrusión utiliza una acción tipo tornillo que ayuda a mezclar la arcilla y a empujar el material plástico a través de la abertura del troquel. Se usa también para hacer pedazos de barro inicial para otros procesos cerámicos, como torneado ligero y prensado plástico.



*Figura 11:* Sección transversal de máquina de extrusión de vacío y barrena.

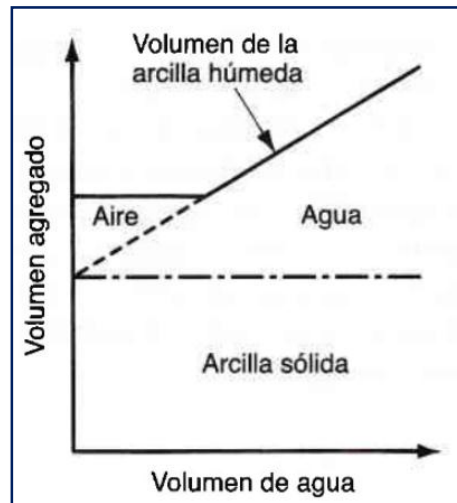
Fuente: Figura 11.30 (Askeland, Fulay y Wright, 2011).

### 3. Secado

Después de haber formado la pieza cerámica de forma manual o mecanizada viene el secado este proceso puede ser al ambiente, en pisos calientes o en secadores con humedad controlada. Lo que complica el proceso de secado es que las partículas cerámicas tienden a asociarse con el agua y aún durante el secado se agarran tenazmente a ella (Valdez de la Torre, 1994).



El agua juega un papel importante en la mayoría de los procesos tradicionales de formado cerámico. Pero en adelante ya no tiene ningún objeto y debe removerse del cuerpo de la pieza cerámica antes de cocerla. La contracción es un problema durante este paso porque el agua aporta volumen a la pieza y cuando se retira, el volumen se reduce (Groover, 2007). El efecto se puede ver en la figura:



*Figura 12:* Volumen de cerámico como función del contenido de agua.  
Fuente: (Groover, 2007)

Al añadir agua inicialmente a la arcilla seca, ésta reemplaza simplemente al aire de los poros entre los granos cerámicos y no hay cambio de volumen. Al incrementarse el contenido de agua por arriba de cierto punto, los granos empiezan a separarse y el volumen aumenta, lo que da por resultado una arcilla húmeda que tiene plasticidad y facilidad de formado. Al aumentar el contenido de agua, la mezcla se convierte a la larga en una suspensión líquida de partículas de arcilla en agua (Groover, 2007).

El proceso inverso ocurre en el secado. Al remover agua de la arcilla húmeda, el volumen de la pieza se contrae. El proceso de secado ocurre en dos etapas, como se describe en la figura siguiente:

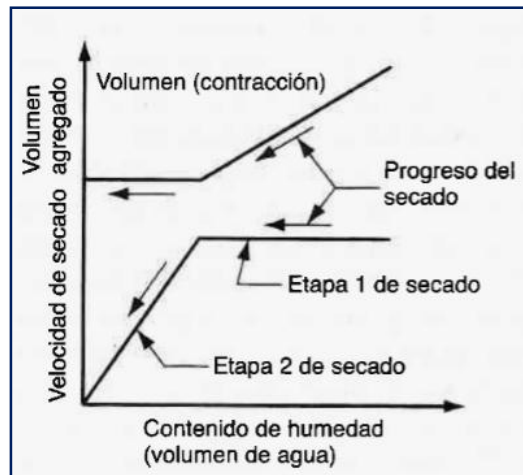


Figura 13: Curva de velocidad de secado de un cuerpo cerámico.

Fuente: (Groover, 2007)

En la primera etapa, la velocidad de secado es rápida y constante, debido a que el agua de la superficie de la arcilla se evapora en el aire circundante y el agua interior emigra, por acción capilar, hacia la superficie para remplazarla. Durante esta etapa ocurre la contracción, con el riesgo asociado de deformación y agrietamiento debido a las variaciones del secado en diferentes secciones de la pieza. En la segunda etapa de secado, el contenido de humedad se ha reducido hasta que los granos cerámicos han quedado en contacto, y ocurre poca o ninguna contracción. El proceso de secado se hace más lento, como se puede ver en la gráfica de la velocidad decreciente.

En producción, el secado se realiza de manera usual en cámaras donde se controla la temperatura y la humedad para lograr el programa apropiado de secado. Debe tenerse cuidado de no remover demasiado rápido el agua de la pieza, para evitar que se formen altos gradientes de humedad, haciendo el material más propenso a las grietas. El calentamiento se hace normalmente por una combinación de convección y radiación usando fuentes infrarrojas. Los tiempos típicos de secado van desde 15 minutos para secciones delgadas hasta varios días para secciones muy gruesas (Groover, 2007).

#### 4. Cocimiento o sinterizado

Después del formado, pero antes del cocimiento, se dice que la pieza cerámica está fresca, lo cual significa que no está completamente procesada o tratada. La pieza fresca carece de dureza y resistencia, y debe cocerse para fijar la forma de la pieza cerámica y lograr dureza y resistencia en el producto final. El cocimiento es el proceso de tratamiento térmico que sinteriza al material cerámico y se realiza en un horno cerámico.



En el sinterizado se desarrollan uniones entre los granos cerámicos y esto va acompañado de densificación y reducción de porosidad. Por tanto, ocurre una nueva contracción en el material policristalino, además de la que ya ha ocurrido en el secado. En el cocimiento de la cerámica tradicional pueden ocurrir ciertas reacciones químicas entre los componentes de la mezcla y formarse también una fase vítrea entre los cristales, la cual actúa como aglutinante. Ambos fenómenos dependen de la composición química del material cerámico y de las temperaturas de cocimiento que se usan.

Las piezas de cerámica no glaseadas o vidriadas se cuecen solamente una vez; los productos glaseados se cuecen dos veces. El glaseado se refiere a la aplicación de un recubrimiento cerámico en la superficie para hacer las piezas más impermeables al agua y mejorar su apariencia. La secuencia de procesamiento usual de los artículos glaseados es: 1) Cocimiento de las piezas cerámicas antes del glaseado para endurecer el cuerpo de la pieza, 2) Aplicar el glaseado y 3) Cocer la pieza una segunda vez para endurecer el glaseado (Groover, 2007).

Durante la quema (sinterizado) tienen a lugar cambios muy grandes y las propiedades físicas y químicas de la cerámica cruda y del cocido son completamente diferentes. Durante el proceso de quema o sinterizado, la arcilla debe llegar justo hasta casi la fusión, lo suficiente para alcanzar la dureza requerida según la aplicación a que se destine la pieza cerámica; pero no sobrequemarse llegando a la fusión donde se produce la deformación del producto cerámico (Valdez de la Torre, 1994).

Cuanto mayor es la temperatura de cocción mayor será la cantidad de liga vítrea formada que une a los granos cristalinos. A temperatura de sinterizado se forma una gran cantidad de líquido (30 a 40 % en volumen) debido a las impurezas que existen en las distintas materias primas que forman eutécticos de bajo punto de fusión o bien por los productos de las reacciones químicas que van teniendo lugar. Este líquido cuando se enfría se transforma en vidrio (fase vítrea) que une a las partículas sólidas.

Esta liga vítrea tiene varios efectos como la disminución o eliminación de la porosidad e incremento en la densidad (INET, 2011).

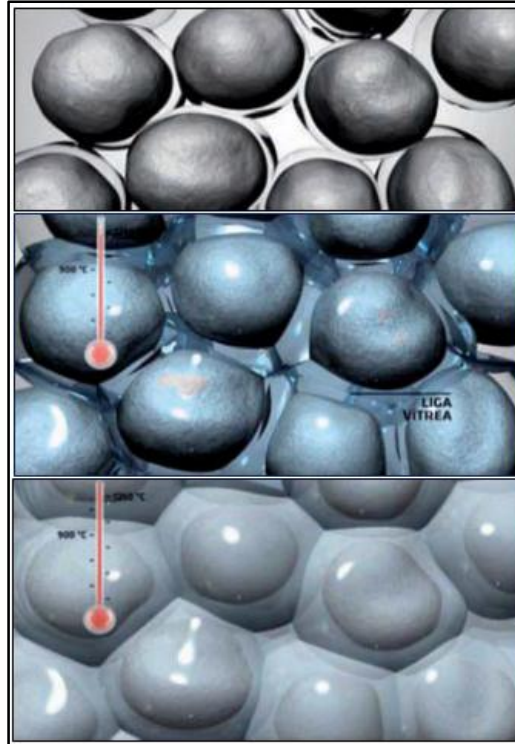


Figura 14: Proceso de sinterizado de los materiales cerámicos tradicionales.

Fuente: (INET, 2011)

### **2.2.1.2. Tejas cerámicas.**

#### **2.2.1.2.1. Generalidades.**

La cubierta es un elemento estructural que cubre el edificio en su parte superior, destinada a soportar cargas vivas y muertas para transmitirlas a los elementos de apoyo como son los muros portantes y las columnas. Su forma debe obedecer a las condiciones climatológicas del lugar donde se construya como también a la disponibilidad de materiales en la región.

A diferencia de la loza de azotea, la cubierta no es transitable debido a la fuerte pendiente. La pendiente de la cubierta obedece al carácter arquitectónico de la región, materiales existentes y el clima. En efecto, para un clima frío y con posibles nevadas la pendiente será mayor que para climas calurosos y escasas lluvias donde la cubierta con ligera inclinación funciona adecuadamente (Pérez, 2000).

#### **2.2.1.2.2. Un poco de historia de la teja cerámica.**

El empleo de la teja cerámica de arcilla es muy antiguo, pues se tiene conocimiento que civilizaciones anteriores a griegos ya utilizaban en la construcción de sus moradas (Pérez, 2000).



Fue en la antigüedad clásica griega y romana cuando el uso de la teja para recubrimiento de tejados se generalizó. En la Grecia Clásica la teja se empleó en mayor medida para cubrir edificios públicos, sobre todo sus templos.

La heredera de esta tradición griega fue Roma. Los romanos adoptaron muchos de los cánones y elementos constructivos griegos, uno de los ejemplos fue la teja. El material empleado para su fabricación fue la arcilla o terracota, y se emplearon para cubrir tanto edificios públicos como viviendas privadas.

Gracias a los romanos el uso de la teja, al igual que muchas otras costumbres, llegó hasta el occidente de Europa. Roma fundó numerosas ciudades en toda la zona europea desde la actual Inglaterra hasta Antioquía, Egipto y norte de África. Todas estas ciudades siguieron un esquema constructivo similar a la urbe romana. Los edificios públicos se construyeron principalmente en ladrillo, roca y con techos de teja.

Sin embargo, fueron los árabes quienes la perfeccionaron y le dieron un uso más intensivo. En la actualidad la mayoría de edificaciones usan este tipo de teja perfeccionada. A partir del siglo XV, con el inicio de la época de los descubridores europeos, el uso la teja se expandió a territorio americano.

Las tejas en el Perú existían ya desde antes de la llegada de los españoles, culturas preincaicas como Lauricocha (Huánuco), Chachapoyas (Amazonas), Chavín (Ancash); ya usaban tejas de roca laja para lo protección de edificios de importancia, claro que era rudimentario. Con la llegada de los españoles se instalaron pequeñas fábricas de tejas de arcilla a un principio, y al colonizar la sierra se dio en mayor medida (Chávez, 2014).

También Gallegos y Casabonne (2005) dicen que unos cientos de años antes que los incas, las culturas Yarovilca y Atavillo, en la parte central del Perú, construyeron con albañilería de piedra edificaciones para vivienda y otros usos con techos de lajas de piedra apoyadas sobre muros de sección variable con la técnica de voladizos sucesivos para acortar la distancia entre apoyos de acuerdo a las lajas disponibles en el sitio.

Actualmente en el país y la región existen fábricas de tejas cerámicas tradicionales e industriales que producen tejas cerámicas de distintos tamaños y formas.

#### **2.2.1.2.3. La teja cerámica.**

La teja es una pieza cerámica de barro cocido de forma acanalada, que se usa para cubrir y resguardar los techos, armaduras o cubiertas de edificios.



Para fabricar las tejas, cualquiera sea su clase, se amasa la arcilla formando laminas delgadas que luego se presan y moldean para ser cocidas finalmente, en los hornos, en un proceso semejante a la fabricación de ladrillos. Se les puede dar un acabado suave y brillante de su superficie (Facincani, 1993).

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 986 define a la teja cerámica como una pieza acanalada o plana, de poco espesor, hecho de arcilla o tierra arcillosa adecuadamente quemada.

#### **2.2.1.2.3. Función de la teja cerámica.**

La cubierta con teja cerámica protege la parte superior de los edificios contra fenómenos climáticos de viento, lluvia, nieve, frio y calor. Las funciones que cumplen las cubiertas de las tejas cerámicas son:

- Estanqueidad del agua, asegurada por las propias tejas.
- Aislamiento térmico
- Resistencia a las heladas.
- Resistencia al fuego.
- Estanqueidad al aire y, si es necesario al vapor.
- Aislamiento acústico.
- Estética y armonía con el paisaje (Facincani, 1993).

#### **2.2.1.2.4. Clasificación de las tejas cerámicas.**

**A.** Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 990 las tejas cerámicas se clasifican de acuerdo a su forma y acabado, en los siguientes tipos:

Tipo A: La teja común curva.

Tipo B: La teja común plana.

Tipo C: La teja vidriada curva.

Tipo D: La teja vidriada plana.

**B.** La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 986 clasifica a las tejas cerámicas en dos grupos principales: las tejas curvadas y las tejas planas.

**La teja curvada**, es la que tiene forma acanalada en el sentido longitudinal, con una ligera reducción de su ancho hacia un extremo.

**La teja plana**, es la que tiene la forma de un paralelepípedo regular de espesor muy reducido en relación a sus dimensiones.

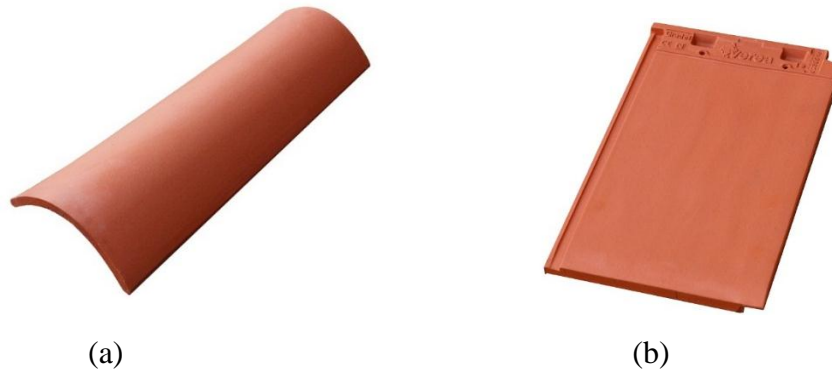


Figura 15: Clases de Tejas: Figura (a) teja cerámica curvada, figura (b) Teja cerámica plana.

Fuente: [www.tejasverea.com/teja-curva](http://www.tejasverea.com/teja-curva)

Según Pérez, (2000) las tejas cerámicas se clasifican en: plana, curva y teja con parte plana y curva.

Según Facincani, (1993) las tejas se clasifican en curvas o planas. Las curvas pueden ser árabes y flamencas. Las árabes son acanaladas y las flamencas tienen sección en forma S.

#### **2.2.1.2.5. Clasificación de las tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa según normas NTE INEN.**

Las tejas cerámicas artesanales y tejas cerámicas mecanizadas manufacturadas en Piñipampa de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana clasifican:

- Por su forma como: teja curvada
- Por su acabado como: Tipo A, teja común curva.

#### **2.2.1.2.6. Propiedades físicas – mecánicas de las tejas cerámicas.**

##### **A. Absorción**

La absorción de agua es considerada como una medida de su impermeabilidad, es una de las variables más importantes al momento de evaluar una materia prima arcillosa para uso cerámico, ya que las normas de producto terminado están creadas en base a este valor y a la resistencia mecánica del producto final.

La absorción de agua es la máxima cantidad de agua que puede ingresar a los huecos accesibles.

La absorción normal es la cantidad de agua absorbida hasta saturación por un material a presión y temperatura ambiente es considerada como una medida de su impermeabilidad (Galán y Aparicio, 1998).

Al respecto Guerrero, Escobar y Acevedo (2018) señalan que la absorción de agua afecta la durabilidad de la unidad cerámica y de la mampostería. Si la unidad tiene absorción alta, puede presentar cambios volumétricos significativos o permeabilidad alta a la penetración de este líquido.

Los productos cerámicos son formas de arcilla porosa horneadas a temperaturas relativamente bajas. Entonces se presenta poca vitrificación, la porosidad es muy elevada e interconectada y los materiales cerámicos de barro pueden tener filtraciones. En consecuencia estos cerámicos deben ser recubiertos con un vidriado impermeable (Askeland, Fulay y Wright, 2011).

### B. Resistencia a flexión

La resistencia a la flexión es una propiedad importante que deben cumplir las tejas cerámicas y estas se detallan según los expertos como sigue:

En los materiales de construcción dúctiles como son los metales la curva esfuerzo – deformación generalmente pasa a través de un máximo; este esfuerzo máximo es la resistencia a la tensión del material, pero la falla ocurre a un esfuerzo menor después de la reducción del área transversal que soporta la carga. En los materiales de construcción cerámicos o menos dúctiles, la falla ocurre en la carga máxima, donde la resistencia a la tensión y la resistencia a la ruptura son iguales (Askeland, Fulay y Wright, 2011).

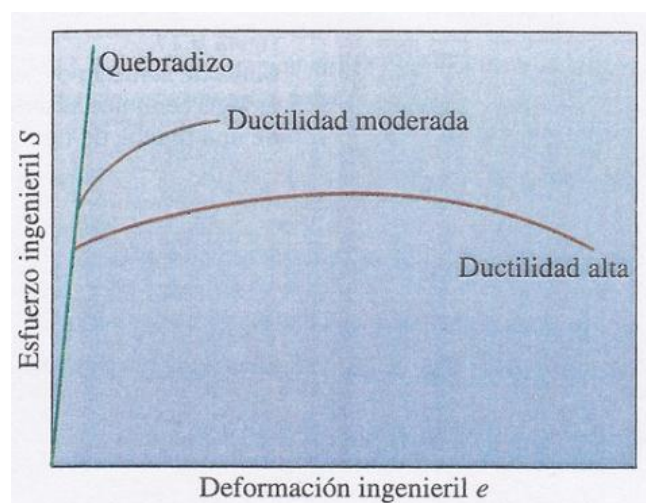


Figura 16: Comportamiento de esfuerzo – deformación de materiales frágiles y dúctiles.

Fuente: Figura 6-15 (Askeland, Fulay y Wright, 2011).



El ensayo de flexión con frecuencia se aplica a los materiales frágiles. Porque la aplicación del ensayo de tensión pura es dificultosa, puesto que la desalineación más ligera en las quijadas impone flexión, la cual incrementa los esfuerzos en una manera desconocida.

La probeta es apoyada en dos puntos y existe dos tipos de ensayos para la determinación de la resistencia a flexión:

En el ensayo de tres puntos (Fig. 18) se aplica una fuerza  $P$  en el centro. La probeta se flexiona, y la mitad se pone en tensión, mientras que la otra mitad se pone en compresión. Los esfuerzos de tensión alcanzan su máximo en la superficie de tensión, a medio camino entre los soportes. La falla (fractura) ocurre cuando el esfuerzo de tensión máximo alcanza un valor crítico, a menudo llamado resistencia a la flexión o resistencia a la ruptura. Se observa que esfuerzos de tensión tienen un pico en el centro de la probeta.

El ensayo de cuatro puntos (Fig. 19) genera esfuerzos de tensión uniformes entre los puntos de carga. Se observa que los esfuerzos se distribuyen de manera uniforme entre los dos puntos de carga del ensayo (Schey, 2002).

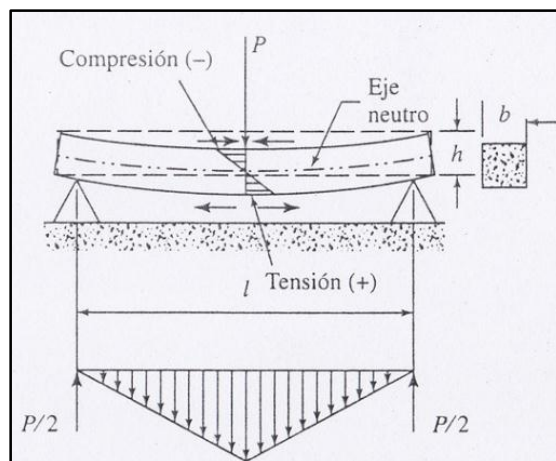


Figura 17: Ensayo de flexión de tres puntos.

Fuente: Figura 4.9 (Schey, 2002).

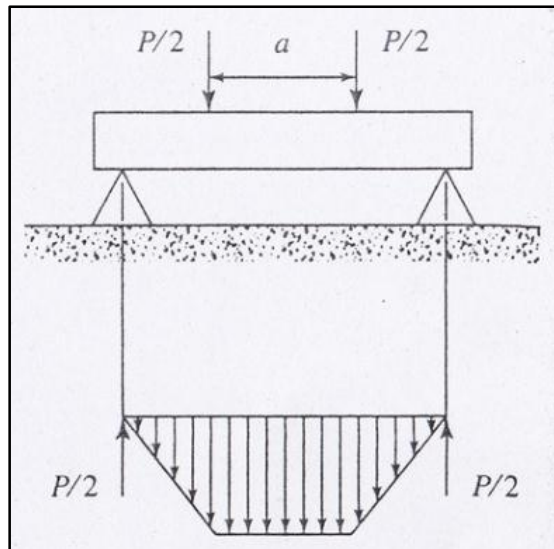


Figura 18: Ensayo de flexión de cuatro puntos.

Fuente: Figura 4.9 (Schey, 2002).

Los materiales menos dúctiles como los cerámicos, poseen defectos diminutos, grietas en la superficie o en el cuerpo de la probeta. Por lo que la resistencia a la ruptura es una función del método de ensayo, y es más alta y muestra mayor dispersión en el ensayo de tres puntos, ya que hay una remota probabilidad de un defecto en el punto de del esfuerzo máximo. La distribución uniforme del esfuerzo en el ensayo de cuatro puntos hace más probable que se encuentre un defecto, de aquí que la resistencia a la ruptura sea más baja pero más consistente (Schey, 2002).

### B.1. Factores que afectan la resistencia de los materiales cerámicos

La falla mecánica de los materiales cerámicos se presenta principalmente por defectos estructurales. Las principales fuentes de fractura en policristales cerámicos son las grietas superficiales producidas durante el acabado superficial, los huecos (porosidad), las inclusiones y los granos grandes que se forman durante el procesamiento. Los poros en los materiales cerámicos frágiles son regiones donde se concentra el esfuerzo y cuando dicho esfuerzo sobre un poro alcanza un valor crítico, se forma una grieta y se propaga porque en estos materiales no hay grandes procesos de absorción de energía como los que ocurren en los metales dúctiles durante la deformación. Por tanto, una vez que la grieta empieza a propagarse, continúa creciendo hasta que se presenta la fractura. Los poros son también perjudiciales para la resistencia de los materiales cerámicos ya que reducen el área transversal sobre la cual se aplica la carga y, por consiguiente, el



esfuerzo que puede soportar un material es menor. Así pues, la fracción en volumen y tamaño de los poros en los materiales cerámicos son factores importantes que afectan su resistencia (Smith y Hashemi, 2006).

Los poros representan el defecto de mayor importancia presente en los materiales cerámicos policristalinos. La presencia de poros suele ser perjudicial para las propiedades mecánicas de los materiales cerámicos, en vista de que dichos poros son una localización preexistente a partir de la cual puede crecer una grieta. La presencia de de poros es una de las razones por las cuales los materiales cerámicos muestran un comportamiento tan frágil bajo carga de tensión (Askeland, Fulay y Wright, 2011).

Los agrietamientos se producen por deformaciones que inducen esfuerzos en exceso de la resistencia en tracción. Estas deformaciones puede ser inducidas por la imposición de cargas o por restricciones al cambio volumétrico de los materiales originados en las variaciones de temperatura o de humedad (Gallegos y Casabonne, 2005).

### **C. Variabilidad dimensional**

Los artesanos hacen productos individuales, cuando es necesario reparar o reemplazar una pieza esta se tiene que hacer y ajustar a la medida. En cambio en una producción en masa se requiere que las partes sean intercambiables; para esto, las dimensiones deben ser controladas.

Aunque las dimensiones deben ser controladas, no es posible ni necesario fabricar productos con dimensiones exactas. Por lo tanto, los límites máximo y mínimo de las dimensiones se especifican con dos objetivos en mente:

- 1) Los límites deben ser lo suficientemente cerrados para permitir el funcionamiento de las partes ensambladas.
- 2) Los límites deben ser tan amplios como lo permita la funcionalidad, ya que límites más estrictos exigen procesos más costosos.

La diferencia permisible entre los límites máximo y mínimo del tamaño se denomina tolerancia y se puede expresar respecto al tamaño básico como una desviación en ambas direcciones superior e inferior (Schey, 2002).

Las dimensiones de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas consideradas en la investigación son las que se muestran en la imagen:

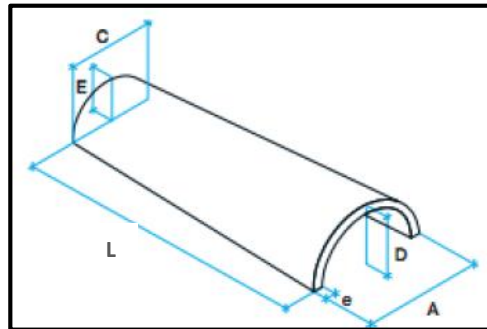


Figura 19: Dimensiones de las tejas cerámicas.

Fuente: [www.hispalyt.es](http://www.hispalyt.es)

Donde:

- L: Largo
- A: Ancho mayor
- D: Flecha mayor
- C: Ancho menor
- E: Flecha menor
- e: Espesor

#### 2.2.1.2.7. Patologías de las tejas cerámicas.

##### A. El caliche en las tejas cerámicas

El Caliche es un grano de óxido cálcico, producido durante la cocción, que se expande al hidratarse dando lugar a la aparición de desconchados y grietas. Este desprendimiento de una parte superficial de la teja cerámica hace aparecer un cráter más o menos profunda que afecta la integridad de la teja cerámica.

En la manufactura de las tejas cerámicas se utiliza arcilla de un solo lugar o bien se mezclan arcillas de distintos lugares, en cualquiera de los casos es conveniente hacer un tratamiento a las arcillas para eliminar aquellas sustancias nocivas o impurezas que pudieran tener para prevenir que dañe a las piezas cerámicas.

Los carbonatos se encuentran en las arcillas en forma de  $\text{CaCO}_3$ . Entonces las arcillas con presencia de carbonato de calcio o de magnesio no son admisibles para la fabricación de materiales cerámicos. Esto se debe a que los nódulos de carbonato de calcio o conocidos como caliche, se descomponen durante la quema (cocción) y permanecen en forma de una cal (óxido de calcio) dentro de la pieza cerámica. Cuando la pieza cerámica absorbe agua proveniente de la humedad ambiental o del agua de lluvia, se transforma en hidróxido de calcio que a su vez reacciona con el dióxido de

carbono presente en la atmósfera, volviéndose a formar carbonato de calcio. Tal proceso se conoce como el ciclo de la cal y provoca un aumento de volumen del nódulo que puede llegar a afectar la integridad de la pieza cerámica.

Por lo tanto con una molienda de arcillas no adecuada se tiene nódulos de carbonato de calcio con una medida de 2 a 3 milímetros perjudiciales para la pieza cerámica. Ahora de encontrarse carbonatos en medidas pequeñas y distribuidas en la masa, pueden considerarse menos dañinos dado que se combinan con los silicatos durante la cocción y formar sulfatos que provocan eflorescencias (Broto, 2005).



*Figura 20:* Carbonato de calcio en arcilla y tejas cerámicas.  
Fuente: Propio del autor.

### **B. El musgo en las tejas cerámicas**

Son factores biológicos que afectan las tejas cerámicas durante su prestación en las cubiertas de las viviendas y edificaciones.

Muchos materiales de construcción se ven afectados, además, por la colonización biológica y por cambios visibles en su apariencia que obedecen a ciertas condiciones ambientales. Entre los tipos de organismos más frecuentes que colonizan los materiales de construcción se hallan: bacterias, algas, hongos, líquenes, musgos y plantas superiores; factores que desencadenan alteraciones en los materiales cerámicos (Figueredo, 2008).

Los musgos se manifiestan como almohadillas superficiales que pueden provocar disminución de la resistencia mecánica, mientras las plantas superiores son capaces de ocasionar serios daños en las construcciones. En ambos casos, esto ocurre si existe penetración de las raíces en los muros; se producen grietas, fisuras y desmoronamientos. Los musgos y gramíneas necesitan un volumen de tierra suficiente de tierra para sus raíces, por lo que su aparición en tejas cerámicas se debe siempre a la falta de mantenimiento principalmente en las tejas canales (Broto, 2005).

En el caso concreto de las tejas antiguas, estas tienen una característica muy singular y es la cobertura superficial de líquenes que han acumulado a lo largo de su vida. Los líquenes son vegetales constituidos por un hongo ascomiceto o basidiomiceto y un alga cianofícea o clorofícea en vida parasita del primero o simbiosis. Aparecen sobre materiales porosos como rocas, hormigón, ladrillo y tejas cerámicas, formando costras foliáceas o arbustivas. Este fenómeno natural de aparición y proliferación de microorganismos (líquenes) en tejas cerámicas se denomina comúnmente “verdín” (García, 2011).

Existe un apreciación equivocada de que las obras de ingeniería civil no requieren mantenimiento, y que se construyen para que duren para siempre, si bien deben ser construidas empleando materiales durables compatibles con las condiciones de exposición, es necesario también que sean mantenidas periódicamente (Gallegos y Casabonne, 2005).



*Figura 21:* Musgo y líquenes en tejas cerámicas.

Fuente: Propio del autor.



*Figura 22:* Arena en la superficie cóncava de la teja cerámica artesanal.

Fuente: Propio del autor.

#### **2.2.1.2.8. Análisis estadístico.**

Los valores de las magnitudes de las propiedades de los materiales cerámicos principalmente la resistencia muestran variaciones considerables, ya que la resistencia de los materiales



cerámicos depende de la distribución de los tamaños de poros, por ende es necesario hacer un análisis estadístico (Askeland, Fulay y Wright, 2011).

Para el análisis de los datos obtenidos se desarrolla una distribución t, por medio de lo cual se obtiene un intervalo de confianza con el cual se puede estimar un valor medio para cada propiedad (Guerra y Jaramillo, 2015).

### **Desviación típica de la muestra**

Es una medida de dispersión de los datos respecto a la media aritmética (Guerra y Jaramillo, 2015).

$$S = \sqrt{\frac{[(x_1 - X)^2 + (x_2 - X)^2 + \dots + (x_n - X)^2]}{n - 1}}$$

Donde:

- X: Media de la muestra
- S: Desviación de la muestra
- n: Tamaño de la muestra
- $x_i$ : Dato obtenido

### **Grados de libertad**

Los grados de libertad se define como el número de datos menos uno (Guerra y Jaramillo, 2015).

### **Nivel de confianza (NC)**

El nivel de confianza está definido por el experimentador teniendo valores típicos de: 95, 98 y 99%, e indica cuanto se confía que el valor de la propiedad está dentro de intervalo establecido (Guerra y Jaramillo, 2015).

### **Distribución T - Student**

Flor (como citó Guerra y Jaramillo, 2015) La distribución t-student sirve para la determinación de un intervalo de confianza cuando se desconoce la desviación típica de una población. Se representa gráficamente y muestra la probabilidad de encontrar el verdadero valor de un ensayo mediante la prueba t, la que consiste en encontrar t según la tabla de Distribución t – Student conociendo los grados de libertad y el nivel de confianza.

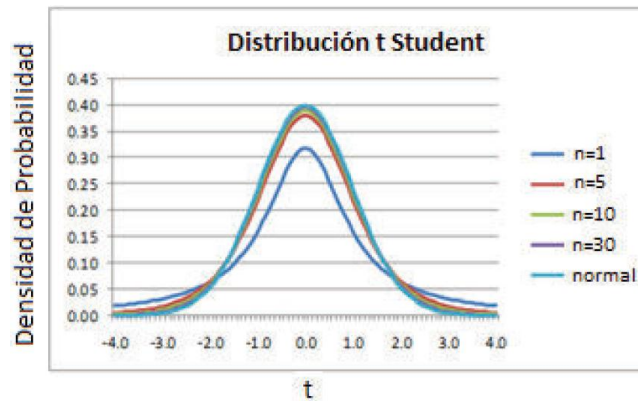


Figura 23: Distribución t – Student para distintos grados de libertad

Fuente: Figura 2.7 (Guerra y Jaramillo, 2015)

Con el valor de  $\alpha$  que resulta de restar de 1 el nivel de confianza  $1 - NC$  y los grados de libertad se va a la tabla de la Distribución t – Student y se determina el valor de  $t$  con el que se delimita el área en la que es probable que se encuentre el valor medio de los datos analizados. Por ejemplo para un  $NC = 98\%$  tenemos un  $\alpha=2\%$  y con 4 grados de libertad resulta que el valor de  $t=3.747$ .

Se considera una distribución con dos regiones de rechazo (colas) porque se asume que el valor medio de la propiedad se encuentra dentro de un intervalo de aceptación determinado por estas dos regiones. El eje de las abscisas de la figura 23 representa la propiedad analizada y su desviación, mientras que el eje de las ordenadas es la función de densidad de probabilidad (Guerra y Jaramillo, 2015).

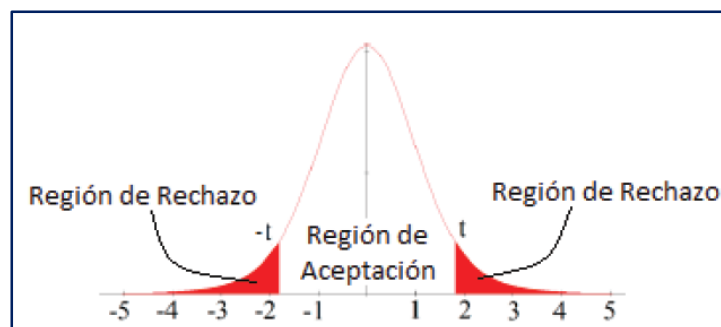


Figura 24: Distribución t de dos colas.

Fuente: Figura 2.8 (Guerra y Jaramillo, 2015).

### Intervalo de confianza

Es imposible determinar el valor de la media poblacional utilizando la información de una muestra. Sin embargo es factible establecer un rango dentro del cual se encuentra la media poblacional con cierta probabilidad preestablecida. A este intervalo de valores se le conoce





como intervalo de confianza, mientras que a la probabilidad preestablecida se le conoce como el nivel de confianza. Entonces a medida que el nivel de confianza aumenta el intervalo se hace más grande.

Para el cálculo del intervalo de confianza hay dos casos:

- a) Con desviación típica poblacional
- b) Sin desviación típica poblacional (Guerra y Jaramillo, 2015).

Suarez (como citó Guerra y Jaramillo, 2015) refiere que debido al número de datos el estudio se enfoca en el caso b) ya que no se tiene una desviación que pueda representar a la desviación típica poblacional. En este caso la fórmula que se utiliza para calcular los extremos del intervalo es la siguiente:

$$IC = X \pm t_{n-1, \alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Donde:

X: Media de la muestra

S: Desviación de la muestra

n: Tamaño de la muestra

$t_{n-1, \alpha/2}$ : Valor de la t de la Distribución t – Student que deja por arriba o por abajo una probabilidad igual a  $\frac{\alpha}{2}$  con un n-1 grados de libertad.

Para calcular el valor de  $t_{n-1, \alpha/2}$  se puede utilizar la tabla de la distribución t – Student, o cualquier software de estadística.

El proceso para el cálculo del intervalo consiste en estimar la desviación típica de los datos (S) y calcular el error estándar de la media ( $s_x$ ).

$$s_x = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Donde:

S: Desviación de la muestra

n: Tamaño de la muestra

Este valor se multiplica por la t obtenida y se obtienen los extremos del intervalo de confianza.

Este es el resultado de la prueba t Student.



### 2.2.2. Normatividad.

Actualmente no existe una norma para el control de calidad de las tejas de cerámicas de arcilla en el Perú, por lo cual la presente investigación toma como referencia la normatividad ecuatoriana para tejas cerámicas empleadas en el recubrimiento de techos:

- INEN 986 e INEN 990 para: Definiciones, clasificación y condiciones generales; clasificación y requisitos, respectivamente.
- INEN 988, INEN 989 para los ensayos de tejas cerámicas.
- Para los ensayos de control de calidad de las materias primas se utiliza el Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil de Joseph E. Bowles.

#### 2.2.2.1. Normatividad respecto a las condiciones generales y requisitos.

##### 2.2.2.1.1. Condiciones generales.

La norma para las condiciones generales de las tejas cerámicas ha sido formulada por el servicio ecuatoriano de normalización (INEN).

La norma técnica ecuatoriana INEN 986 (1984) establece:

### 5. Condiciones generales

**5.1** Las tejas deben fabricarse de arcilla o tierra arcillosa, de suficiente plasticidad y consistencia para que puedan tomar forma permanente y secarse sin presentar grietas, nódulos o deformaciones.

**5.2** Las tejas se fabrican por el procedimiento de cocción al rojo, a una temperatura mínima de 800 °C. Una vez cocidas 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.

### 5.3 Dimensiones y tolerancias

**5.3.1** Las medidas nominales de las tejas en centímetros serán las siguientes:

a) para la teja curvada:

- Largo: 44 cm
- Ancho: 22 cm
- Espesor: 1 cm
- Flecha de la curvatura: 6 cm.

b) Para la teja plana:

- Largo: 44 cm



Ancho: 30 cm

Espesor: 1 cm.

5.3.2 Las dimensiones de las tejas deben ser uniformes. No se permite en ellas una variación mayor del 4%.

5.3.3 Por convenio entre el fabricante y el comprador podrán fabricarse tejas hasta de 60 cm de largo, variando en proporción las otras dimensiones. (p.1 y p.2)

2.2.2.1.2. Clasificación y requisitos.

La norma para los requisitos de las tejas cerámicas ha sido formulada por el servicio ecuatoriano de normalización (INEN).

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 990 (1984) establece:

3. Clasificación

3.1 Para efectos de esta norma, las tejas se clasifican de acuerdo a su forma y acabado, en los siguientes tipos:

Tipo A. La teja común curva.

Tipo B. La teja común plana

Tipo C. La teja vidriada curva

Tipo D. La teja vidriada plana

4. Requisitos

4.1 Resistencia a la flexión

4.1.1 La resistencia a la flexión será determinada por la norma INEN 988 y no debe ser menor de los valores indicados en la tabla 1.

Tabla 22: Valores normalizados de la resistencia a la flexión de tejas cerámicas.

Tipo de Teja	Resistencia a la flexión, en Kg	
	Promedio de cinco tejas	Mínimo para una teja cualquiera
A	100	80
B	70	55
C	100	80
D	70	55

Fuente: adaptado de la tabla 1 de la norma INEN 990 (1984).

4.2 Absorción de agua

4.2.1 La absorción de agua será determinada por la Norma INEN 989 y no podrá exceder los valores indicados en la tabla 2.

Tabla 23: Valores normalizados de la absorción de agua de las tejas cerámicas.

Tipo de Teja	Absorción de agua en porcentaje	
	Promedio de cinco tejas	Una teja cualquiera como máximo
A	18 %	20 %
B	20 %	22 %
C	12 %	14 %
D	14 %	16 %

Fuente: adaptado de la tabla 2 de la norma INEN 990 (1984).

### **2.2.2.2. Normatividad respecto a los ensayos de tejas cerámicas.**

Las normas con respecto del método y procedimiento a seguir en los ensayos a las tejas cerámicas han sido formuladas por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN).

#### **2.2.2.2.1. Determinación de la resistencia a la flexión de las tejas cerámicas.**

El procedimiento a seguir en la determinación de la resistencia a la flexión de las tejas cerámicas descrito en la norma se basa en la aplicación de una carga vertical progresiva sobre una teja cerámica colocada horizontalmente sobre soportes separados hasta llegar a la rotura de la teja cerámica (INEN 988, 1984).

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 988 (1984) establece:

## **4. Método**

### **4.1 Aparato**

**4.1.1** Se utilizará una máquina apropiada para los ensayos de flexión. Las piezas de carga y apoyo serán de acero. Las partes en contacto con la muestra serán cilíndricas y las líneas de contacto deberán mantenerse perfectamente paralelas.

### **4.2 Preparación de la muestra**

**4.2.1** Se someterán al ensayo por lo menos cinco tejas enteras, desecadas en una estufa entre 110° y 115 °C hasta obtener masa constante.

**4.2.2** Sobre el lomo o en la parte central de la muestra se preparará una superficie de 6 x 6 cm, con una capa plana de mortero de yeso calcinado para la aplicación de la carga.

### **4.3 Procedimiento**

**4.3.1** Colocar la muestra de ensayo, con el lomo hacia arriba, centrada sobre cuatro puntos de apoyo, dos en cada extremo o boca.



**4.3.2** Colocar los dos soportes de cada extremo exactamente a 15 cm de la línea transversal del centro de la teja, dejando, por lo tanto, un espacio libre de 30 cm entre los apoyos.

**4.3.3** Aplicarla carga sobre la superficie preparada a la velocidad de 40 a 50 kg/min.

#### **4.4 Cálculo e informe de resultados**

**4.4.1** La resistencia a la flexión de cada muestra está dada por la carga de rotura que indique la máquina.

**4.4.2** Se tomará como resultado la media aritmética de los valores obtenidos en las cinco muestras ensayadas, consignándose también los dos valores extremos. (p.1 y p.2)

##### **2.2.2.2.2. Determinación de la Absorción de Agua de las Tejas Cerámicas.**

El procedimiento a seguir en la determinación de la absorción de agua de las tejas cerámicas descrito en la norma se basa en la determinación de las masas de una muestra de teja cerámica antes y después de sumergirse en agua, estableciéndose la diferencia entre los dos masas como base para conocer el valor de las absorción de agua (INEN 989, 1984).

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 989 (1984) establece:

#### **4. Método**

##### **4.1. Instrumental**

**4.1.1** Balanza con capacidad mínima de 2 kg y con escala que permita lecturas hasta de 0,2 g.

**4.1.2** Estufa de desecación regulada a la temperatura de 110 °C.

##### **4.2 Preparación de las muestras**

**4.2.1** La muestra para el ensayo de absorción constará, al menos de cinco tejas enteras, o tres fragmentos representativos de cada una de las cinco. La masa de cada pieza no debe ser menor de 250 g.

**4.2.2** Las tejas enteras o las piezas representativas se desecarán en estufa a 110 °C hasta obtener 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.

### 4.3. Procedimiento

**4.3.1** Una vez preparadas las muestras y anotada su masa constante, sumergirlas en agua destilada o de lluvia, cuya temperatura se llevará hasta la ebullición, la cual se mantendrá durante una hora. Dejar enfriar el agua a la temperatura ambiental.

**4.3.2** Sacar las muestras del agua y dejar escurrir ésta durante un tiempo no mayor a un minuto.

**4.3.3** Volver a pesar las muestras húmedas anotando el valor de su masa.

### 4.4 Cálculo

**4.4.1** La absorción de cada muestra, expresada en porcentaje, se calcula por la ecuación siguiente:

$$\text{Absorción \%} = \frac{M2 - M1}{M1} \times 100$$

**4.5.1** El promedio de los valores de absorción obtenido en las cinco tejas o en sus fragmentos representativos, indica el porcentaje de absorción de agua del lote de tejas inspeccionado. (p.1 y p.2)

#### 2.2.2.3. Muestreo.

Para el muestreo se deduce de lo establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 990: Tejas cerámicas. Requisitos, que requiere como mínimo:

- 05 unidades para el ensayo de determinación de resistencia a la flexión de las tejas cerámicas.
- 05 unidades para el ensayo de determinación de absorción de agua de las tejas cerámicas.

Que hace un total de 10 unidades de tejas cerámicas. Cantidad que se avala en otras normas extranjeras como la Norma Técnica Colombiana NTC 2086 que establece un plan de muestreo como se muestra a continuación:

Tabla 24: Plan de muestreo de las tejas cerámicas

Tamaño de lote	Tamaño de la muestra (Unid)
Hasta 5000	10
5001 a 10000	20
Mayor a 10001	30

Fuente: Tabla 2 de Norma Técnica Colombiana 2086.



#### **2.2.2.4. Ensayos para las materias primas de las tejas cerámicas.**

##### **2.2.2.4.1. Análisis granulométrico por tamizado.**

El procedimiento a seguir para llevar a cabo este ensayo se realiza considerando el Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil de Joseph Bowles que indica:

El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada. Obviamente para obtener un resultado significativo la muestra debe ser estadísticamente representativa de la masa de suelo. Como no es físicamente posible determinar el tamaño real de cada partícula independiente de suelo, la práctica solamente agrupa los materiales por rangos de tamaño. Para lograr esto se obtiene la cantidad de material que pasa a través de un tamiz con una malla dada pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene diámetros ligeramente menores a la anterior y se relaciona esta cantidad retenida con el total de la muestra pasada a través de los tamices. Es evidente que el material retenido de esta forma en cualquier tamiz consiste de partículas de muchos tamaños todos los cuales son menores al tamaño de la malla a través de la cual todo el material pasó pero mayores que el tamaño de la malla del tamiz en el cual el suelo fue retenido.

Usar la serie de tamices: N° 4, 10, 30, 50, 100, 200, en lugar de la serie de tamices N° 4, 10, 20, 40, 80, 160, 200. Una sujeción estricta a la norma de doblar siempre el tamaño del tamiz no mejora del todo la distribución granulométrica y lo que realmente se necesita es la utilización para producir la curva, de un número razonable de puntos que permitan una confiabilidad estadística. La norma de doblar el diámetro debe ser recordada y utilizada como guía para desarrollar la serie de tamices. Para analizar suelos finos, debe ponerse siempre un tamiz número 200 al final de la serie.

#### **Instrumentos y equipos**

- Juego de tamices. Tapa y fondo
- Tamizador mecánico.
- Horno de secado 110 °C.
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Recipientes metálicos.
- Brocha.
- Escobillón de metal.



### Procedimiento

1. Se debe obtener exactamente 500 g. (200 gr. a discreción del instructor, pero las muestras mayores son estadísticamente más representativas) de suelo secado al horno tomado de una bolsa de muestra obtenida en el terreno. Si la muestra debe lavarse no es necesario pulverizar el suelo; sin embargo, el proceso se agiliza considerablemente si con anterioridad se pulveriza el suelo seco y se hace pasar a través de un tamiz N° 200, descartando la fracción menor.
2. Si la muestra contiene apreciable cantidad de gravas, y muy pocos finos, o a discreción del instructor, el lavado se puede omitir y en ese caso seguir al paso 4. Colocar la muestra sobre el tamiz No. 200 y lavar cuidadosamente el material a través del tamiz utilizando agua común hasta cuando el agua que pasa a través del tamiz mantenga su transparencia. Es necesario ser muy cuidadoso en este proceso para evitar daños en el tamiz y la pérdida de suelo que eventualmente pueda salpicar fuera del tamiz.
3. Verter cuidadosamente el residuo, con ayuda de agua, en un gran recipiente desecador y permitirle sedimentar por un período de tiempo suficiente hasta lograr que el agua en la parte superficial de la suspensión se vuelva transparente. Botar tanto como se pueda de esta agua transparente, y colocar el recipiente con la suspensión suelo y agua en el horno para secado.
4. Al día siguiente, regresar al laboratorio y pesar el residuo secado al horno (si no se ha hecho el lavado omitir esto, por supuesto).

A continuación, bien inmediatamente (si no se ha hecho lavado) o al día siguiente (si se ha hecho lavado) hacer pasar la muestra a través de una serie de tamices que varíen desde los diámetros mayores arriba hasta los diámetros inferiores abajo. Como el objetivo de la práctica es lograr una curva semilogarítmica del porcentaje de material más fino contra el tamaño de las partículas, será necesario obtener una distribución razonable de puntos a lo largo del rango potencial de diámetros presentes en la muestra.

Para los suelos arenosos con granos finos, se recomienda dos series de tamices (en orden de arriba y hacia abajo) como siguen:



Tabla 25: Tamices para suelos arenosos con granos finos.

Serie típica de tamices		Serie alternativa de tamices	
Tamiz N°	Abertura (mm)	Tamiz N°	Abertura (mm)
Tapa		Tapa	
4	4.75	4	
10	2.00	10	
20	0.850	30	0.600
40	0.425	50	0.300
60	0.250	100	0.150
140	0.106	200	0.075
200	0.075		
Bandeja		Bandeja	

Fuente: (Bowles, 1981).

5. Colocar la serie de tamices en un agitador electrónico automático y tamizar aproximadamente 5 a 10 min, dependiendo de una inspección visual sobre la dificultad probable dada la cantidad de material. En caso de que la serie de tamices no quepa físicamente dentro del agitador automático, es posible hacer el tamizado manual a través de los tamices superiores de diámetro más grueso y removerlos de la serie; colocar los tamices restantes en el agitador mecánico. Si no se dispone de agitador mecánico puede hacerse, el tamizado manual por cerca de 10 minutos. Alternar el modo de agitación de forma que los granos sean impulsados continuamente a pasar a través de las mallas; no es aconsejable mantener un ritmo fijo durante la agitación.
6. Quitar la serie de tamices del agitador mecánico y obtener el peso del material que quedo retenido en cada tamiz. Sumar estos pesos y comparar el total con el peso total obtenido en el paso 4 (el residuo del material procedente del secado al horno con el cual se comenzó). Esta operación permite detectar cualquier pérdida de suelo durante el proceso de tamizado mecánico. Si se tiene una pérdida de más del 2% con respecto al peso original (paso 4) se considera que el experimento no es satisfactorio y por consiguiente debe repetirse.
7. Calcular el porcentaje en cada tamiz dividiendo el peso retenido en cada uno de ellos por el peso de la muestra original utilizado en el paso 2. Esto es válido ya que el material que haya pasado a través del tamiz 200 pasaría cualquier otro tamiz por encima del tamiz 200 en la serie.
8. Calcular el porcentaje que pasa (o el porcentaje más fino que) comenzando por 100% y substraer el porcentaje retenido en cada tamiz como un proceso acumulativo.

Finalmente se debe hacer una gráfica semi-logarítmica del tamaño de la partícula contra el porcentaje más fino (Bowles, 1981).

#### 2.2.2.4.2. Límite líquido y límite plástico.

El procedimiento a seguir para llevar a cabo este ensayo se realiza considerando el Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil de Joseph Bowles que indica:

##### Objetivo

Determinar el límite líquido y límite plástico de la materia en estudio, determinar el índice de plasticidad y clasificar suelos.

##### Exposición general

Los límites líquido y plástico son solo dos de los 5 límites propuestos por A. Atterberg; un científico sueco dedicado a la agricultura.

- Límite plástico: Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.
- Límite Líquido: Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

Los límites líquido y plástico han sido ampliamente utilizados en todas las regiones del mundo, principalmente con objetivos de identificación y clasificación de suelos.

La localización relativa de los límites de contracción  $W_s$ , plástico  $W_p$ , y líquido  $W_L$ , se muestran sobre una escala de humedad en la siguiente figura:

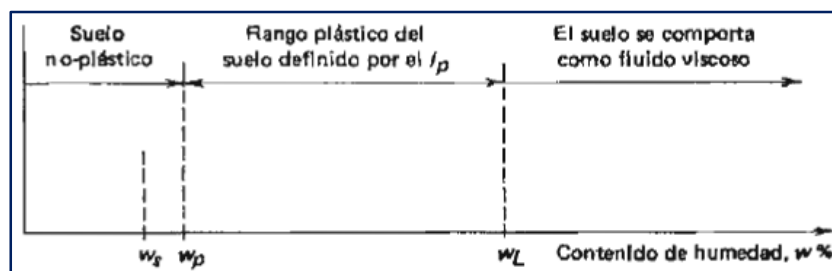


Figura 25: Escala de contenido de humedad.

Fuente: Figura 3.2 (Bowles, 1981).

Para poder establecer valores definidos, reproducibles de éstos límites, se propuso que el límite líquido se definiera arbitrariamente como el contenido de humedad al cual una masa de suelo húmedo colocada en un recipiente en forma de cápsula de bronce, separada en dos por la acción de una herramienta para hacer una ranura - patrón, y dejada caer desde una altura de 1 cm, sufra después de dejarla caer 25 veces una falla o cierre de la ranura en una longitud de 12.7 mm. La



norma ASTM para esta prueba estipula el uso de agua destilada para la preparación de la muestra. Sin embargo la mayoría de los laboratorios utilizan agua común con resultados satisfactorios.

Los ensayos de límites de Atterberg deben hacerse sobre suelos tamizados a través de la malla numero 40 comúnmente.

El límite líquido es una medida a la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad, se puede decir que el límite líquido representa para todos los suelos un valor de resistencia al corte entre 20 y 25 gr x cm<sup>2</sup>. Otra observación fundamental de las investigaciones hechas consiste en que el límite líquido aumenta a medida de que el tamaño de los granos o partículas presentes en la muestra disminuyen.

El límite plástico tiende a incrementar en valor numérico a medida que disminuye el tamaño de las partículas presentes en la muestra. El límite plástico es también una medida de la resistencia al corte del suelo.

Hoy en día se ha determinado que tanto el límite líquido como el límite plástico dependen del porcentaje de la arcilla presente en la fracción que pasa a través del tamiz N° 40 del suelo.

El límite líquido puede establecerse a partir de un solo ensayo utilizando la ecuación:

$$W_L = W_N \left(\frac{N}{25}\right)^{\tan\beta}$$

Donde:

$W_L$ : Límite Líquido (%)

$W_N$ : Contenido de humedad al número de golpes N obtenido en el ensayo.

$\beta$ : Pendiente de la recta característica en el grafico semilogarítmica W vs log N.

Para esta serie de valores de límite líquido, se encontró que  $\tan\beta = 0.121$  resulta una buena aproximación, de donde se puede expresar la ecuación anterior como:

$$W_L = W_N \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

El valor de  $\tan\beta$  no es 0.121 para todos los suelos; sin embargo, se puede generalmente obtener buenos resultados a partir de esta ecuación, si el contenido de humedad  $W_N$  utilizado en la fórmula se determina para un número N de golpes entre 20 y 30. Lo anterior puede explicarse debido a que en un rango tan pequeño de la curva de flujo el cambio en movimiento vertical (contenido de humedad) es pequeño aún para curvas muy pendientes.



## Instrumentos y equipos

- Recipientes para contenido de humedad.
- Cuchara de Casagrande.
- Ranurador - patrón.
- Probeta.
- Espátula de metal.
- Cápsula de porcelana.
- Horno con control de temperatura.
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Placa de vidrio para hacer límite plástico

## Procedimiento

### A. Límite líquido

1. Se debe pulverizar una cantidad suficiente de suelo secado al aire (de una muestra de 5 Kg puesta a secar al aire la semana anterior a la ejecución del ensayo), para obtener una muestra representativa del material que pasa a través del tamiz N° 40 de alrededor de  $250 \pm 10$  g.
2. A continuación se debe verificar que la altura de la máquina del límite líquido que va a utilizar sea exactamente de 1 cm ( $\pm 1$  mm). Para esta operación se puede utilizar la cabeza en forma de dado de 1 cm en el extremo superior del ranurador - patrón. Hacer la calibración con respecto a la marca de desgaste que se nota en la parte inferior de la cazuela.
3. Colocar 250 g. de suelo en un recipiente de porcelana, añadir una pequeña cantidad de agua y mezclar cuidadosamente el suelo hasta obtener un color uniforme. Una mezcla pobre del conjunto suelo - agua es generalmente causa adicional de error en el ensayo. Cuando el color es uniforme en toda la mezcla y ésta adquiere una apariencia cremosa, su estado es adecuado en general. Se debe continuar añadiendo pequeñas cantidades adicionales de agua y mezclando cada vez hasta obtener una mezcla homogénea. Cuando se encuentre el suelo en un punto de consistencia (pegajosidad) tal que se pueda estimar (o simplemente hacer un ensayo de prueba) que tomará alrededor de 50 golpes para cerrar en una longitud de 12.7 mm la ranura, remover alrededor de 20 gr. De esta muestra adecuadamente mezclada del plato en el que se está trabajando para determinación posterior del límite plástico. A continuación se debe añadir un poco más de agua de manera que la consistencia resultante permita un número de golpes para la falla en el rango de 30 a 40.
4. Remover la cazuela de bronce del aparato del límite líquido y colocar dentro de la cazuela una pequeña cantidad de suelo hasta la profundidad adecuada para el trabajo de la



herramienta ranuradora, bien centrada en la cazuela con respecto al pasador. A continuación se debe emparejar la superficie de la pasta de suelo cuidadosamente con una espátula, y mediante el uso de la herramienta ranuradora, cortar una ranura clara, recta, que separe completamente la masa de suelo en dos partes. La mayor profundidad del suelo en la pasta deberá ser aproximadamente igual a la altura de la cabeza de la herramienta patrón de la ASTM. Si se utiliza la herramienta de Casagrande, se debe mantener firmemente perpendicular a la tangente instantánea a la superficie de la cazuela y la herramienta, de forma que la profundidad de la ranura sea homogénea en toda su longitud. El suelo no debe prácticamente ser alterado por los "hombros" de la herramienta.

Después de hacer la ranura, se debe retomar rápidamente la cazuela a su sitio del aparato y hacer el conteo de golpes. Si se permite una demora innecesaria en este proceso, y la humedad ambiental del laboratorio es baja se puede secar la superficie de la muestra, lo cual afectará el conteo de golpes. Este efecto mostrará cuando se dibuje los datos una tendencia errática de los puntos en el plano. Otro tipo de errores sin embargo, también pueden producir este tipo de comportamiento.

5. Tomar una muestra para medir contenido de humedad (tan grande como sea posible y cercana a los 40 gr.) y colocarla en una lata o recipiente para humedad cuyo peso debió determinarse con anterioridad, y asegurarse que esta muestra corresponde a la zona donde se cerró la ranura. Colocar la tapa del recipiente para contenido de humedad y colocarlo a un lado temporalmente. Remover los restos de suelo de la cazuela y volverlos al recipiente donde se había preparado la muestra. Lavar y limpiar perfectamente la cazuela.

Añadir una pequeña cantidad de agua al recipiente de porcelana de preparación de suelo y mezclar cuidadosamente hasta obtener una coloración homogénea y consistencia para obtener un número de golpes entre 25 y 30 aproximadamente. Repetir los pasos 4 y 5 anteriores.

6. Repetir la secuencia para dos ensayos adicionales con número de golpes entre 20 y 25 y entre 15 y 20 respectivamente para un total de cuatro determinaciones en el ensayo.

Es necesario que la diferencia entre el número de golpes en cada ensayo individual sea de por lo menos dos y preferiblemente tres para obtener una dispersión adecuada en el gráfico y ojalá una medición en la cual el número de golpes sea muy cercano a 25 golpes. Es preciso asegurarse de limpiar perfectamente la cazuela de bronce después de cada ensayo y secarla cuidadosamente.

Además es también necesario asegurarse de tener cerca del mismo lapso de tiempo para cada ensayo de forma que se elimine el efecto de la humedad del laboratorio como una variable.



No es aconsejable dejar la muestra de suelo en la cazuela de bronce por un período de tiempo muy largo. Esto podrá permitir el desarrollo de adhesión entre el suelo y la cazuela.

7. Pesar las cuatro muestras de humedad obtenidas en los diferentes ensayos, remover las tapas, y colocar los recipientes en un horno a 110 °C para el secado durante la noche.

## **B. Límite plástico**

El siguiente paso consiste en determinar el límite plástico del suelo. Para aumentar la precisión eliminando los errores de pesada el ensayo se debe de hacer de la siguiente manera.

1. Dividir en varios pedazos o porciones pequeñas la muestra de 20 a 30 g de suelo que se había separado con anterioridad durante la preparación de la muestra para límite líquido.
2. Enrollar el suelo con la mano extendida sobre una placa de vidrio colocando a su vez sobre una superficie lisa, con espacio suficiente para moldearlo en forma de cilindro o hilo de diámetro uniforme por la acción de unos 80 a 90 golpes o movimientos de mano por minuto (un golpe = movimiento hacia adelante y hacia atrás). Cuando el diámetro del hilo o cilindro de suelo llegue a 3 mm (1/8 Pulg.) se debe romper en pequeños pedazos, y con ello moldear nuevamente unas bolas o masas que a su vez vuelvan a enrollarse. El proceso de hacer bolas o masas de suelo y enrollarla debe continuarse alternativamente hasta cuando el hilo o cilindro de suelo se rompa bajo la presión de enrollamiento y no permita que se enrolle adicionalmente. Si el cilindro se desmorona a un diámetro superior a 3 mm, esta condición es satisfactoria para definir el límite plástico si el cilindro se había enrollado con anterioridad hasta más o menos 3 mm. La falla del cilindro se puede definir de la siguiente forma:
  - a. Simplemente por separación en pequeños pedazos.
  - b. Por desprendimiento de escamas de forma tubular (cilindros huecos) de dentro hacia fuera del cilindro o hilo de suelo.
  - c. Pedacitos sólidos en forma de barril de 6 a 8 mm de largo (para arcillas altamente plásticas).

Para producir la falla no es necesario reducir la velocidad de enrollado y/o la presión de la mano cuando se llega a 3 mm de diámetro. Los suelos de muy baja plasticidad son una excepción en este sentido, en estos casos la bola inicial debe ser del orden de 3 mm antes de empezar a enrollar con la mano.

3. Esta secuencia debe repetirse el número de veces que se requieran para producir suficientes pedazos de cilindros que permitan llenar un recipiente de humedad.
4. Pesar el recipiente cubierto, remover su tapa y colocarlo dentro del horno (Bowles, 1981).



Atterberg encontró que la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, denominado índice de plasticidad (IP), representaba una medida satisfactoria del grado de plasticidad de un suelo. Luego sugirió que estos dos límites sirvieran de base en la clasificación de los suelos plásticos. Acorde al valor del índice de plasticidad, distinguió los siguientes materiales.

- Suelos desmenuzables ( $IP < 1$ )
- Suelos débilmente plásticos ( $1 < IP < 7$ )
- Suelos medianamente plásticos ( $7 < IP < 15$ )
- Suelos altamente plásticos ( $IP > 15$ ) (Puy, 2005).



### 2.2.2.4.3. Clasificación de suelos.

#### Métodos de clasificación

Existen varios métodos de clasificación de suelos; el conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el de la Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes (AASHTO), y otros.

Todos los sistemas de clasificación de interés primordial para el ingeniero geotécnico utilizan los límites de Atterberg (por lo menos los límites líquido y plástico) con un análisis parcial o total de granulometría, y el proceso de eliminación para la clasificación de un suelo.

En todos los sistemas de clasificación es absolutamente esencial acompañar el símbolo de clasificación con la descripción debida del suelo, pues el símbolo particular de grupo es demasiado amplio y general, como criterio de clasificación para suelos específicos (Bowles, 1981).

#### A. Sistema de clasificación de suelos AASHTO

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los tipos de carreteras subrasantes y granulares de la junta de investigación de carreteras en 1945 Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145).

De acuerdo con éste sistema, el suelo se clasifica en siete grupos principales: A-1 hasta A-7 (Tabla 25). Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por la malla N° 200. Los suelos en los que más del 35% pasan por la malla N° 200 son clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 la mayoría están formados por materiales tipo limo y arcilla (Braja, 2001).

El sistema de clasificación según refiere Braja (2001) se basa en los siguientes criterios:

#### 1. Tamaño del grano

Grava: fracción que pasa el tamiz de 75 mm y es retenida en el tamiz N° 10 (2 mm).

Arena: fracción que pasa tamiz N° 10 (2 mm) y es retenida en el tamiz N° 200 (0.075 mm).

Limo y arcilla: fracción que pasa el tamiz N° 200.

#### 2. Plasticidad: El termino limoso se aplica cuando las fracciones de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menores. El termino arcilloso se aplica cuando las fracciones de finos tienen un índice de plasticidad de 11 o mayores.



3. Si la muestra presenta cantos rodados o guijarros (tamaños mayores de 75 mm), éstos se excluyen de la muestra de suelo que se está clasificando. Sin embargo, el porcentaje de tal material se registra.

Para clasificar una muestra de suelo de acuerdo con la Tabla 25, los datos de prueba se aplican de izquierda a derecha. Por proceso de eliminación, y el primer grupo de la izquierda en la que quepan los datos de prueba es la clasificación correcta.

Tabla 26: Sistema de clasificación de suelos AASHTO.

Clasificación General	Materiales Granulares (35% o menos del total pasa el tamiz N° 200)							Materiales limo – arcilloso (más del 35% del total pasa el tamiz N° 200)			
	A – 1		A – 3	A – 2				A – 4	A – 5	A – 6	A – 7
Clasificación de Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Porcentaje de material que pasa el tamiz N° 10 (2 mm) N° 40 (.425 mm) N° 200 (.075 mm)	50 máx 30 máx 15 máx	50 máx 25 máx	50 mín 10 máx	35 máx				36 mín			
Características de la fracción que pasa el tamiz N° 40 Límite Líquido Índice Plasticidad	6 máx		NP (1)	40 máx 10 máx	40 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			
(1)	No plástico										
(2)	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30 El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor al LL menos 30										

Fuente: (Braja, 2001).

Para la evaluación de la calidad de un suelo como material para subrasante de carreteras, se incorpora también un número llamado índice de grupo (IG) junto con los grupos y subgrupos del suelo. Este número se escribe en paréntesis después de la designación de grupo o de subgrupo. El índice de grupo está dado por la ecuación:

$$IG = (F-35)*[0.2+0.005*(LL-40)]+0.01*(F-15)*(IP-10)$$

Dónde: F es el porcentaje que pasa el tamiz N° 200; LL es el límite líquido e IP es el índice de plasticidad. El índice de grupo para los suelos de los subgrupos A-2-6 y A-2-7 se calculará de la siguiente manera:

$$IG = 0.01*(F-15)*(IP-10)$$

Según Braja (2001) los índices de grupo de los suelos granulares están generalmente comprendidos entre 0 - 4, los suelos limosos entre 8 – 12 y suelos arcillosos entre 11 – 20 o más.



## B. Sistema de clasificación unificada de suelos (SUCS)

Los elementos esenciales del sistema de clasificación fueron propuestos inicialmente por Arturo Casagrande (1942) y adoptados subsecuentemente por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos para la construcción de aeropuertos. Actualmente, este sistema se utiliza con modificaciones mínimas en la mayoría de los países fuera de los Estados Unidos. Dentro de los Estados Unidos el sistema es ampliamente utilizado por organizaciones tales como el Cuerpo de Ingenieros, la Oficina de Reclamos, y con pequeñas modificaciones por la mayoría de las firmas consultoras (Bowles, 1981).

En el Sistema SUCS los suelos se clasifican de acuerdo a la Tabla 26, donde se tiene dos grandes categorías según refiere Braja (2001):

1. Los suelos de grano grueso denominados como grava y arena en estado natural con menos de 50% que pasa a través del tamiz N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de G o S. G es para el suelo de grava o gravoso, y S para la arena o suelo arenoso.
2. Los suelos de grano fino con 50% o más que pasa por el tamiz N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de M que es sinónimo de limo inorgánico, C para la arcilla inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas. El símbolo Pt se utiliza para la turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos.

Los otros símbolos que se usan para la clasificación SUCS son:

- W: bien clasificado
- P: mal clasificado
- L: Baja plasticidad (límite líquido menor de 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor de 50)

Para la clasificación apropiada con este sistema SUCS, se deben tener los siguientes conceptos:

1. Porcentaje de grava, es la fracción que pasa la malla 76.2 mm y es retenida en la malla N° 4 (abertura de 4.75 mm).
2. Porcentaje de arena, que es la fracción que pasa la malla N° 4 y es retenida en la malla N° 200 (abertura 0.075 mm).
3. Porcentaje de limo y arcilla, que es la fracción de finos que pasa la malla N° 200.
4. El coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) y el coeficiente de gradación ( $C_c$ ).
5. El límite líquido y el índice de plasticidad de la muestra de suelo que pasa el tamiz N° 40.

Los símbolos de los grupos de los suelos de grava de grano grueso son: GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM y GP-GC. De la misma forma, los símbolos de los grupos de suelos de grano fino son: CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML y Pt (Braja, 2001).

En la figura N° 28 se muestra la carta de plasticidad de Casagrande que se utiliza para la identificación del tipo de suelo en función al Índice de plasticidad ( $I_p$ ) y límite líquido ( $W_L$ ).

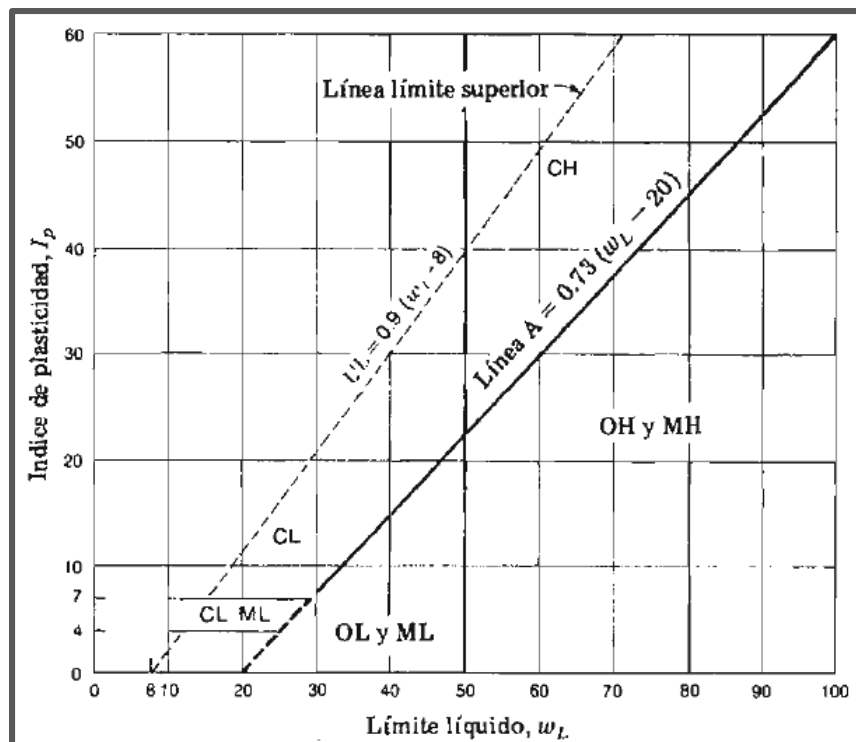


Figura 26: Carta de plasticidad de Casagrande (ASTM D 2487-93).  
Fuente: (Bowles, 1981).

Tabla 27: Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

Divisiones mayores		Símbolo de grupo	Nombres típicos	Criterios de clasificación para suelos granulares		
Suelos de grano grueso (más del 50% del material es mayor en tamaño que el tamiz No. 200)	Gravas (Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No. 4)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$		
		GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW		
		GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo	
		GC		Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$		
	Arenas (Más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz No. 4)	Arenas limpias (pocos o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para SW	
		SM	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	Si el material está en la zona sombreada con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se le asigna doble símbolo	
		SC		Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$		
	Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz No. 200)	Limos y arcillas (límite líquido $U_L < 50$ )	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad.	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% – GW, GP, SW, SP Más del 12% – GM, GC, SM, SC de 5 a 12% – Casos de frontera que requieren doble símbolo	
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.		
OL			Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
Limo y arcillas (límite líquido $\geq 50$ )		MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos			
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
Suelos altamente orgánicos		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos			

Fuente: (Bowles, 1981).

### 2.2.3. Manufactura de tejas cerámicas de Piñipampa.

#### 2.2.3.1. Obtención y acopio de materias primas.

Las arcillas se extraen de las canteras de: Piñipampa, Querpata, y proveniente de la cantera de arcilla de San Jerónimo - Cusco, la arena fina se extrae de la playa de Piñipampa ubicada en

la rivera del río Vilcanota, y el agua proviene de los afloramientos naturales ubicados en la localidad de Piñipampa.

Todas las unidades productoras de tejas cerámicas de Piñipampa (tejerías), tienen en su instalación un área de recepción de materias primas, espacio ubicado dentro de la zona de producción, consistente en un área aproximada de 120 m<sup>2</sup>.

En esta área se hacen los procesos de descarga de materias primas como: la arcilla y arena fina. A esta zona de acopio también van destinadas todas las tejas cerámicas crudas que tienen desperfectos y deterioros durante su elaboración, hasta antes de su tratamiento térmico, para que juntamente con la arcilla seca reingrese al sistema, de esta manera no hay pérdida o residuos generados.

#### ***2.2.3.2. Desmenuzado y secado de arcillas.***

En un área contigua, o en la misma cancha de acopio de las arcillas, se realiza la actividad de desmenuzado de los bloques de arcilla húmeda proveniente de las canteras, asimismo se realiza la eliminación de rocas medianas, grandes y otras impurezas como raíces de plantas.

El desmenuzado de los bloques de la arcilla se hace mediante el uso de herramientas como son: palos de eucalipto curvados, picos, combos, martillos etc.

En el proceso de secado se extiende la arcilla desmenuzada utilizando la pala o lampa y se deja secar al sol durante 12 horas aproximadamente, removiéndose de tiempo en tiempo para el secado homogéneo, luego de ello se realiza el último desmenuzado con la finalidad de tener partículas de arcilla de 1 pulgada de diámetro aproximadamente, y se encuentre listo para su ingreso a la siguiente etapa, que es el proceso de trituración; y para los productores que no tienen equipo de trituración esta lista para su mezclado con agua.



*Figura 27:* Materia prima para manufactura de tejas cerámicas.

Fuente: Propia del autor.

### 2.2.3.3. *Dosificación de arcillas y arena fina.*

Los productores de las tejas cerámicas de Piñipampa utilizan arcillas provenientes de las canteras de: Piñipampa, Querarpata y San Jerónimo según la disponibilidad y el costo de ellas, siendo la más costosa la arcilla de San Jerónimo. La dosificación de materias primas es muy diversa contemplándose en este proceso: la utilización de una sola arcilla, mezcla de 2 arcillas e incluso la mezcla de tres arcillas, a los que se añade arena fina seca de la playa de Piñipampa en diferentes cantidades, según criterio del productor. Este proceso se hace utilizando como patrón de medida de volumen la carretilla buggy, que tiene una capacidad de 5 baldes (20 litros) aproximadamente, y cada balde tiene la capacidad de 6 palas de arcilla o arena fina.

La dosificación de las arcillas y arena fina es determinada por el personal encargado de juntar la arcilla secada a sol cerca del equipo de trituración.



Figura 28: Dosificación de materias primas lista para su molienda.

Fuente: Propia del autor.

### 2.2.3.4. *Trituración de arcillas y arena fina.*

Este proceso se realiza con un equipo de trituración consistente un molino de martillos, el cual es accionado por un motor eléctrico trifásico. La finalidad es darle una granulometría fina a la arcilla y arena de tal manera que esta pueda ser utilizada en la preparación de la masa plástica para la manufactura de las tejas cerámicas.



Figura 29: Equipo de trituración de materias primas (arcillas y arena fina).

Fuente: Propia del autor.

### **2.2.3.5. Amasado de las materias primas.**

Este proceso es fundamental en la manufactura de tejas cerámicas dado que de ello dependerá la calidad del producto; debido a la cantidad de agua añadida en baldes (20 litros) a la mezcla de arcilla y arena triturada.

La adición de agua a la mezcla de polvos de arcilla y arena se realiza en proporciones distintas de acuerdo al tipo de moldeo a utilizarse en la manufactura de la teja cerámica.

#### **2.2.3.5.1. Amasado de las Materias Primas para Teja Cerámica Artesanal.**

Para la producción de la teja cerámica artesanal se agrega más agua, puesto que el amasado se realiza con los pies descalzos y el moldeo se realiza con la presión de las manos. Generalmente el proceso de amasado se realiza al día siguiente de humedecer la mezcla. Todos los insumos son amasados adecuadamente hasta formar una masa plástica homogénea.

El proceso se inicia utilizando la pala o lampa para extender la mezcla en el suelo sobre una capa delgada de arena. Luego se realiza el amasado (pisado), que implica usar los pies descalzos para obtener una masa homogénea de color uniforme; la duración de esta actividad implica 3 a 6 horas aproximadamente dependiendo de la cantidad a amasar.



*Figura 30:* Amasado de materias primas para tejas artesanales.  
Fuente: Propia del autor

#### **2.2.3.5.2. Amasado de las materias primas para teja cerámica mecanizada.**

Para la producción de la teja cerámica mecanizada se utiliza menos agua, puesto que el amasado y el moldeo de la teja cerámica se realizan con la máquina extrusora accionada por motor eléctrico trifásico.

La actividad de homogenizar la humedad de la mezcla se realiza después de 3 a 4 horas de humedecer las arcillas y arena fina. Todos los insumos se preparan para tener una masa de

humedad homogénea; ajustándose este proceso de forma siguiente: si falta humedad se agrega más agua y si la mezcla tiene mucha agua entonces se agrega arcilla y arena triturada.



*Figura 31:* Preparación de materias primas para la teja cerámica mecanizada.  
Fuente: Propia del autor.

#### ***2.2.3.6. Almacenado de las materias primas amasadas.***

Este proceso es similar o igual para la producción de tejas artesanales y tejas mecanizadas. Después del proceso de preparación de la masa plástica homogénea de materias primas, esta es almacenada en un ambiente fresco, cubierta con plástico en su totalidad para lograr mantener la humedad adecuada. La duración del almacenado es de 6 a 8 horas aproximadamente.



*Figura 32:* Almacenado de materias primas preparadas para elaborar tejas cerámicas.  
Fuente: Propia del autor

#### ***2.2.3.7. Moldeo o conformado de las tejas cerámicas.***

Este proceso de la producción de las tejas cerámicas se realiza mediante el moldeo acompañado por alguna forma de compactación.



### ***2.2.3.7.1. Moldeo o conformado de las tejas cerámicas artesanales.***

Se llena manualmente el molde metálico con la masa plástica producto de la mezcla de materias primas con una cantidad adecuada de agua; y con la aplicación de energía de las manos sobre la masa se llena y compacta, luego se desliza sobre un molde curvo de plancha metálica.

La teja cerámica artesanal tiene una textura rugosa debido al moldeo que se hace sobre superficie plana inclinada, y arenada para la parte cóncava. En la parte convexa se da un acabado con las manos. Detallándose esta actividad como sigue:

La masa plástica es llevada manualmente a un molde metálico de forma trapezoidal y luego es compactado con las manos con ayuda de una tablilla (rollete) de madera lubricada con agua, luego se desliza sobre un molde de plancha metálica de forma acanalada con un ancho menor en el extremo opuesto, que define en última instancia la forma de la teja cerámica artesanal en el piso del área de secado de las tejas cerámicas (tendal). La característica medianamente lisa de la parte convexa de la teja se hace con las manos lubricadas con agua.

En el proceso de elaboración de la teja cerámica artesanal, el molde metálico de forma trapezoidal como la base son rociadas con arena fina para que la arcilla no se adhiera a estas y sea mucho más fácil maniobrar para deslizarla al molde metálico curvo llamado calape.



*Figura 33: Moldeo o conformación de la teja cerámica artesanal.*

Fuente: Propia del autor.

### ***2.2.3.7.2. Moldeo o conformado de las tejas cerámicas mecanizadas.***

El moldeo por extrusión consiste en producir un canal tubular de mezcla amasada de materias primas de consistencia plástica con una humedad adecuada, que se fuerza a pasar a través de una sección de arco que le da forma a la teja cerámica mecanizada, luego esta forma tubular de arcilla es cortada por hilos de acero, verticalmente y horizontalmente, dándole la forma final a las tejas cerámicas mecanizadas.

La textura de las tejas cerámicas mecanizadas es lisa en las partes o superficies cóncava y convexa debido a que han sido moldeados en contacto metálico y rugoso en las partes que han sido cortados con los hilos de acero.



*Figura 34:* Conformación o moldeo por extrusión de la teja cerámica mecanizada.  
Fuente: Propia del autor.

#### **2.2.3.8. Secado de las tejas cerámicas.**

Luego de haber conformado o moldeado la teja cerámica artesanal o la teja cerámica mecanizada, se procede con el proceso de secado en una superficie plana conocido como tendal de secado.

El tendal es el espacio o superficie de suelo plano limpio y rociado con un poco de agua donde se dispone la teja cerámica elaborado para su secado al aire libre y sol del día.

El secado de las tejas cerámicas tiene una duración de 2 a 3 días aproximadamente, dependiendo de la intensidad de sol por día.



*Figura 35:* Secado al sol de tejas cerámicas mecanizada y artesanal.  
Fuente: Propia del autor.

#### **2.2.3.9. Almacenado de las tejas cerámicas crudas.**

Luego de la etapa de secado de las tejas cerámicas, se procede a recoger o juntar para su almacenamiento en una instalación techada junto al horno. La instalación de almacenado llamado “ramadón” se destina para la protección de las tejas cerámicas crudas hasta que sean

coccionadas y tiene una extensión de 20 m<sup>2</sup> aproximadamente suficiente para almacenar más de 5000 tejas cerámicas, apiladas en 2 niveles verticalmente.



*Figura 36: Acopio y almacenado de tejas cerámicas crudas.*  
Fuente: Propia del autor.

#### ***2.2.3.10. Cargado y cocción de tejas cerámicas en hornos tradicionales.***

Luego de elaborar la suficiente cantidad de tejas cerámicas y almacenadas junto al horno se procede al cargado de tejas en el horno artesanal, disponiéndose en rumas de filas intercalados de espacios para la circulación de aire caliente durante la cocción, apilados verticalmente en tres niveles dentro del horno.

El proceso de cocción de tejas es aplicado de forma similar para tejas cerámicas artesanales y tejas cerámicas mecanizadas.

La cocción o el tratamiento térmico es uno de los procesos más importantes de la manufactura de tejas cerámicas, dado que, de este proceso dependerá la calidad final del producto, debido a que un buen quemado genera mejores propiedades en el producto cerámico.

El proceso de quemado se realiza en hornos tradicionales que son fabricados con material propio de la zona, utilizándose para ello: adobes de barro y piedras para las paredes; y ladrillos de barro para los arcos.

Estos hornos tienen la forma de paralelepípedo de sección rectangular y tienen dimensiones aproximadas de ancho de 3.40 m, largo de 3.90 m y una altura de 2.30 m.

Los hornos artesanales son enlucidos con tierra mezclada con ichu picado en pequeños trozos, en el interior y fondo. Cuenta con una puerta ubicada en el lado menor por el cual se introduce de forma permanente combustible consistente en una camionada (25 m<sup>3</sup>) de ramas de Eucalipto y palos que generan el calor requerido y suficiente para coccionar de 5000 a 6000 unidades de tejas cerámicas.

El tiempo de quemado, idóneo para lograr un buen producto se estima entre 9 a 12 horas.

Después del tiempo de quemado se procede a tapar la puerta del horno con barro y piedras y la parte superior del horno se tapa con hojas de eucalipto y encima se vierte ceniza producto de las quemas anteriores.

Se deja por un periodo de 5 a 7 días de enfriamiento lento y natural, después de este periodo se retira la cubierta de ceniza y se procede a descargar la teja cerámica coccionada que toma una coloración característica de anaranjada amarillenta; esta es almacenada en un área dispuesta para el descargio muy cercano al horno y a una vía de acceso para vehículos motorizados para su comercialización correspondiente.



*Figura 37: Cargado y cocción de tejas cerámicas en horno tradicional.*

Fuente: Propia del autor.

#### ***2.2.3.11. Descargado de tejas cerámicas de horno tradicional.***

Luego del proceso de la cocción de las tejas cerámicas en hornos tradicionales, y después del enfriamiento que dura mínimamente 5 días, se procede a retirar las tejas cerámicas del horno a un área contiguo del horno, con la finalidad de seleccionar las tejas cerámicas, separando las tejas con defectos; asimismo el horno se encuentra habilitada para quemar otro lote de tejas.

Desde este punto es que se realiza la compra/venta al público y el carguío hacia los camiones que transportan a diferentes destinos ubicados en nuestra región y país.



*Figura 38:* Descargado de tejas cerámicas de horno tradicional para su venta.

Fuente: Propia del autor.

## **2.3. Hipótesis**

### **2.3.1. Hipótesis general.**

Las magnitudes de las propiedades físicas – mecánicas de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas con su dosificación actual de materias primas que se manufacturan en Piñipampa – Cusco, cumplen con las exigencias de las normas ecuatorianas de requisitos de tejas cerámicas para cobertura de techos, NTE INEN.

### **2.3.2. Sub Hipótesis.**

#### **Sub Hipótesis 1**

La dosificación típica de las materias primas para la manufactura de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas en Piñipampa – Cusco, tiene la proporción de: 65%-40% : 30%-40% : 15%-25% (arcilla A: arcilla B: arena fina) de materias primas.

#### **Sub Hipótesis 2**

La magnitud de absorción de agua de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas manufacturadas en Piñipampa – Cusco, son menores del 18%, y cumplen con la exigencia de la norma NTE INEN 990.

#### **Sub Hipótesis 3**

La magnitud de variabilidad dimensional de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas manufacturadas en Piñipampa – Cusco, son menores del 4% y cumplen con la exigencia de la norma NTE INEN 986.



#### Sub Hipótesis 4

La magnitud de la resistencia a la flexión de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas manufacturadas en Piñipampa – Cusco, son mayores de 100 Kgf, y cumplen con la exigencia de la norma NTE INEN 990.

#### Sub Hipótesis 5

La teja cerámica mecanizada manufacturada en Piñipampa – Cusco, es la que posee mejor calidad verificada según parámetros de las normas NTE INEN.

### 2.4. Definición de variables

#### 2.4.1. Variables independientes.

- **Teja Cerámica:** Es un material de construcción de arcilla cocida, utilizado en acabados de cubiertas de viviendas y edificios. Producido en Piñipampa, utilizando medios manuales y mecanizados en su moldeo.
- **Dosificación:** Es la proporción de las cantidades en volumen de arcilla y arena fina, preparada para la elaboración de la teja cerámica de Piñipampa.

#### Definición de indicadores de las variables independientes

- **Tipo de teja cerámica:** Es la forma de presentación que tiene la teja cerámica, producto del proceso de moldeo al que se somete a la masa plástica para obtener la teja cerámica; ya sea utilizando medios manuales para la teja cerámica artesanal o medios mecánicos para la teja mecanizada.
- **Granulometría:** Es la determinación de las proporciones relativas de los diferentes tamaños de granos presentes en las arcillas trituradas para la elaboración de la teja cerámica de Piñipampa.
- **Límites de Atterberg:** Son los parámetros de la masa plástica preparada para la manufactura de teja cerámica de Piñipampa, donde pasa de comportarse de sólido, semisólido a semilíquido.



#### 2.4.2. Variables dependientes.

- **Propiedades físicas de las tejas cerámicas:** Son las características físicas de: absorción de agua y variabilidad dimensional, que tienen las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas de Piñipampa – Cusco, de la muestra tomada de la producción del mes de noviembre del año 2018.
- **Propiedad mecánica de las tejas cerámicas:** Es la característica mecánica de resistencia a la flexión que tienen las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas de Piñipampa – Cusco, de la muestra tomada de la producción del mes de noviembre del año 2018.

#### Definición de los indicadores de las variables dependientes

- **Absorción de agua:** Es la cantidad en peso de agua que absorbe la teja cerámica seca de peso constante, sumergido en agua hirviente por el lapso de 1 hora.
- **Variabilidad dimensional:** Son las mediciones que se realiza a las dimensiones de las tejas cerámicas, y esta se compara con las dimensiones nominales establecidas por la norma NTE INEN.
- **Resistencia a la flexión:** Es la carga máxima aplicada en la teja cerámica sobre soportes metálicos, que produce su rotura.



2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables.

TIPO DE VARIABLE	VARIABLES	DEFINICIÓN DE LA VARIABLE	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTOS	FUENTES
DEPENDIENTES	Propiedades físicas	Son las características físicas de absorción de agua y variabilidad dimensional que tienen las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas producidas en Piñipampa – Cusco durante el mes de noviembre del año 2018.	- Absorción de agua. - Variabilidad dimensional.	% de humedad % V	Ficha de Laboratorio	Normas Técnicas: NTE INEN 986, NTE INEN 989, NTE INEN 990.
	Propiedad mecánica	Es la característica mecánica de resistencia a la flexión que tienen las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas producidas en Piñipampa – Cusco durante el mes de noviembre del año 2018.	- Resistencia a la flexión.	Kgf	Ficha de Laboratorio	Normas Técnicas: NTE INEN 989, NTE INEN 990.
INDEPENDIENTES	Teja cerámica	La teja cerámica, es un material de construcción de arcilla cocida, utilizado en acabados de cubiertas de viviendas y edificios.	- Tipo de teja cerámica	- Artesanal - Mecanizado	Ficha de campo	Norma Técnica: NTE INEN 986.
	Dosificación	La dosificación, es la proporción de las cantidades en volumen de arcilla y arena fina, preparada para la elaboración de la teja cerámica de Piñipampa.	- Análisis granulométrico - Límites de Atterberg	- % que pasa tamiz 200 - %	Ficha de campo y Ficha de Laboratorio	Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil (Bowles, 1981)





## Capítulo III: Metodología

### 3.1. Metodología de la investigación

#### 3.1.1. Enfoque de la investigación.

La investigación presenta un enfoque cuantitativo.

El enfoque cuantitativo es un conjunto de procesos, que se ejecuta de forma secuencial y probatoria, cada etapa precede a la siguiente y no se puede eludir los pasos, aunque es factible redefinir alguna fase. Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, y se extrae una serie de conclusiones (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

En esta investigación se sigue el conjunto de procesos del enfoque cuantitativo, se evalúa una realidad objetiva, se recogen y analizan los datos numéricos para la prueba de la hipótesis.

#### 3.1.2. Nivel o alcance de la investigación.

El nivel o alcance de la investigación es descriptiva y con una connotación de nivel correlacional.

El nivel o alcance descriptivo busca especificar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier fenómeno que se somete a un análisis. Es decir solo se pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren (Hernández et al, 2014).

La presente investigación es descriptivo porque se describe las características y propiedades físicas – mecánicas más importantes de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas manufacturadas en el centro poblado de Piñipampa.

El nivel o alcance correlacional tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra en particular (Hernández et al, 2014).

La presente investigación tiene connotación correlacional porque compara las propiedades físicas – mecánicas de las tejas cerámicas artesanales con las tejas cerámicas mecanizadas.



### **3.1.3. Método de investigación.**

El método hipotético - deductivo es un método de investigación que consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos (Bernal, 2006).

En la investigación se aplica los procedimientos de observación del fenómeno a estudiar, creación de hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia (Gil, 1978).

## **3.2. Diseño de la investigación**

### **3.2.1. Diseño metodológico.**

El diseño metodológico de la presente investigación es experimental de tipo cuasiexperimental. La investigación experimental se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes dentro de una situación de control (Hernández et al, 2014).

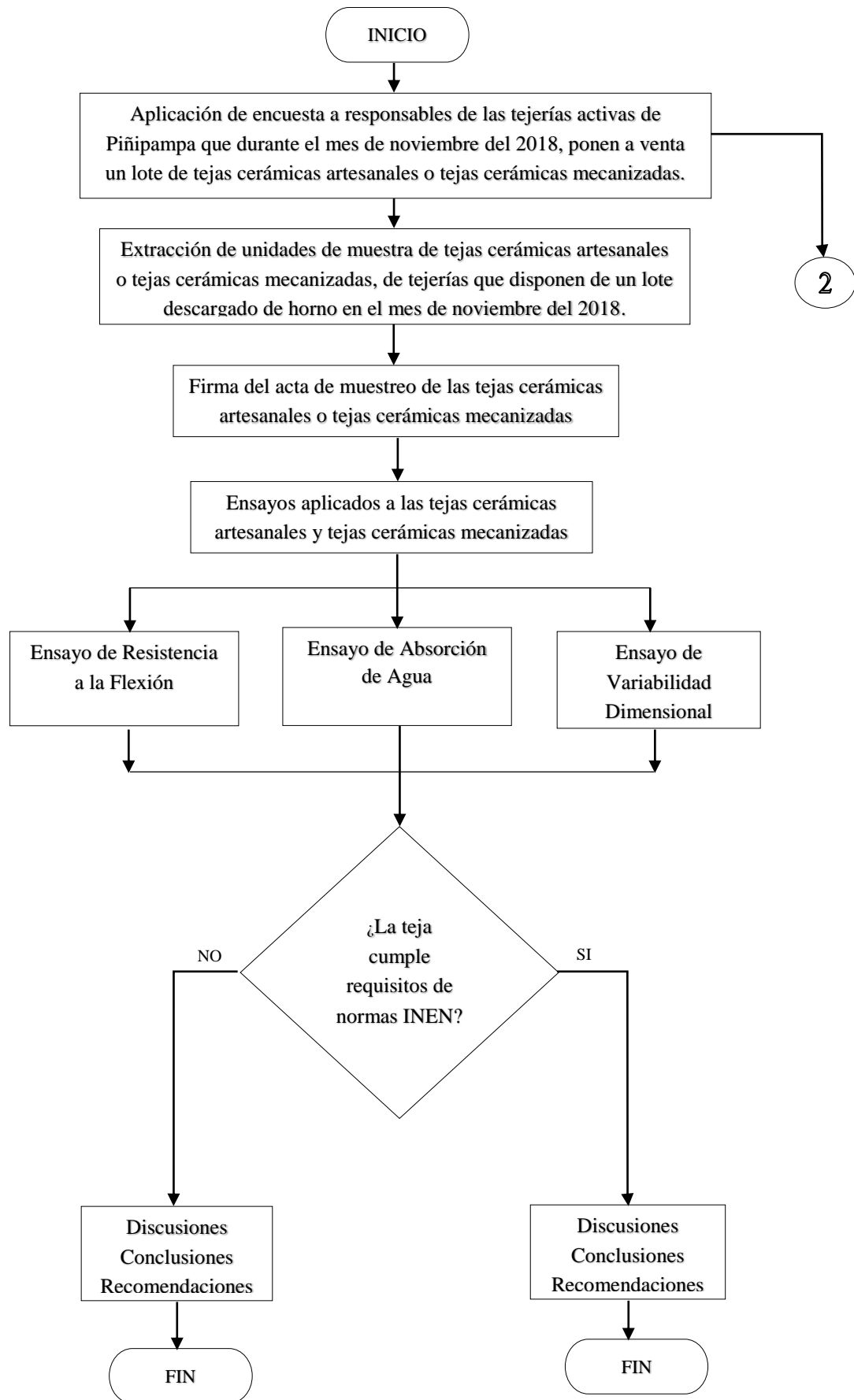
En el tipo del diseño experimental denominado cuasiexperimental, los sujetos o muestras no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están conformados antes de experimento ósea son grupos intactos (Hernández et al, 2014).

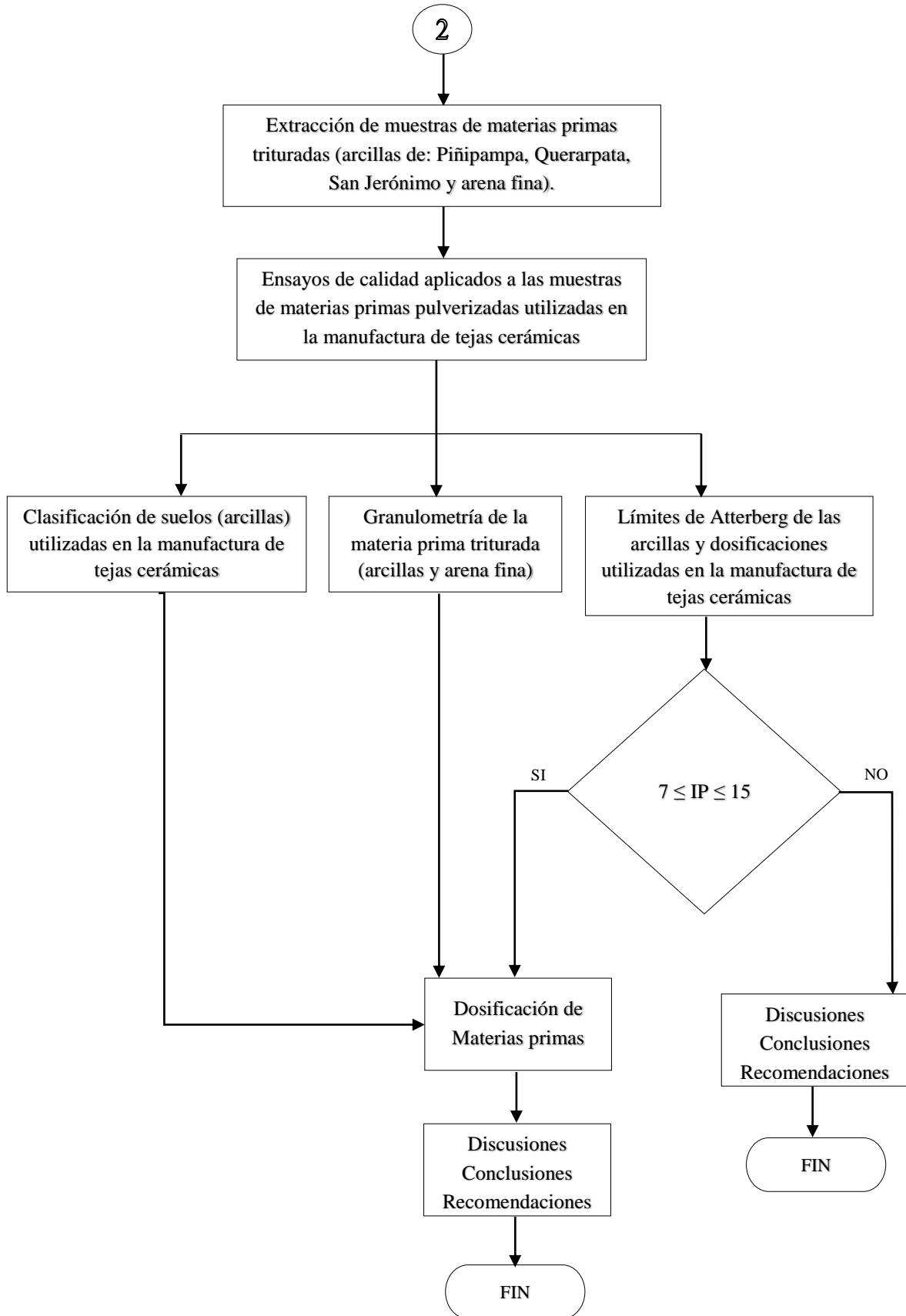
En esta investigación se manipula la forma de obtención de la teja cerámica (Artesanal, Mecanizada) que viene a ser la variable independiente, para evaluar el efecto o consecuencia de la manipulación sobre las variables dependientes (Variabilidad Dimensional, Resistencia a la Flexión, Absorción de Agua) de los grupos intactos.

En la investigación se ha diseñado que los grupos intactos de las unidades de producción de tejas cerámicas (tejerías) tanto artesanales y mecanizadas son muestreadas de aquellas tejerías que disponen de tejas cerámicas para venta al público de al menos un lote (hornada) durante el mes de noviembre del año 2018. Y de cada tejería se extrae al azar un grupo de 10 tejas cerámicas de las rumas de tejas descargadas del horno lista para su venta.

Esta cantidad de 10 unidades está acorde con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 990 (1984), que requiere 5 unidades para el ensayo de resistencia a la flexión y 5 unidades para el ensayo de absorción de agua.

### 3.2.2. Diseño de Ingeniería.





### 3.3. Población y Muestra

#### 3.3.1. Población.

##### 3.3.1.1. Descripción de la población.

La población es la totalidad de valores posibles de una característica particular del universo (Miranda y Medina, 1998).

La población de la presente investigación comprende las unidades de producción activas de tejas cerámicas denominadas “tejerías” que se ubican en el centro poblado de Piñipampa, distrito de Andahuaylillas, provincia de Quispicanchi y región del Cusco. Estas tejerías activas se encuentran dispersas sobre la cantera de arcilla de Piñipampa y en sus alrededores, se caracterizan por emplear procesos tradicionales en los diferentes procesos de la manufactura de las tejas cerámicas.

Para el desarrollo de la investigación se consultó sobre la información existente sobre la producción de tejas cerámicas en Piñipampa (cantidad de tejerías operativas, capacidad de los hornos, producción mensual, etc.) en la municipalidad distrital de Andahuaylillas, al no encontrarse se recopila información a través de visitas de campo a las tejerías de Piñipampa, en las que se observa el estado actual de operatividad de las tejerías para su inventario respectivo.

##### 3.3.1.2. Cuantificación de la población.

La cuantificación de población objeto de la investigación está compuesta por 50 tejerías activas que se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 28: Cuantificación de la población de tejerías activas de Piñipampa – Cusco.

Descripción de población	Cantidad
Tejerías activas que manufacturan teja cerámica artesanal	29
Tejerías activas que manufacturan teja cerámica mecanizada	21
TOTAL	50

Fuente: Propia

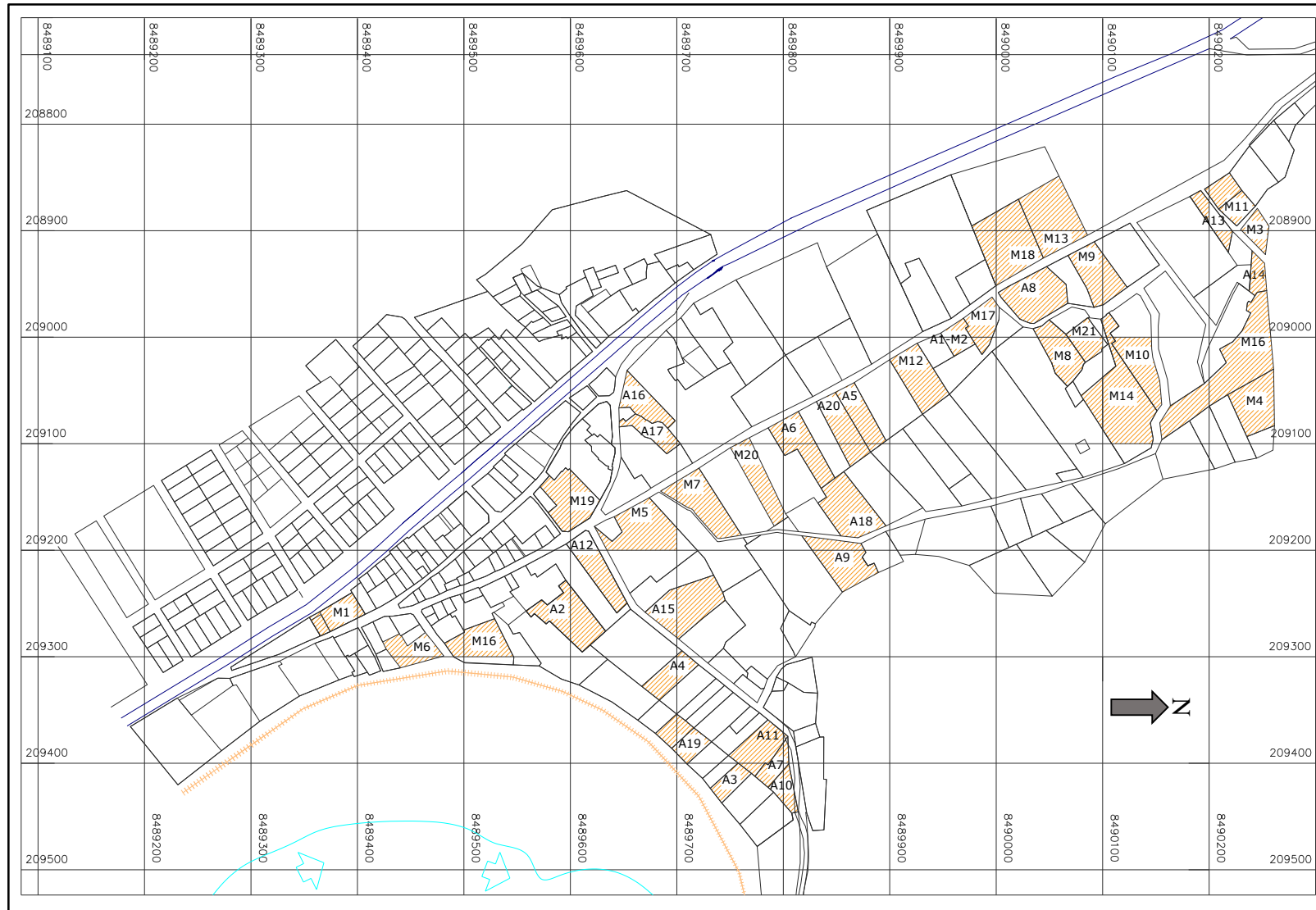
#### 3.3.2. Muestra.

##### 3.3.2.1. Descripción de la muestra.

La muestra es una parte o subconjunto de una población (Tafur, 1995).

La muestra de la presente investigación es una cantidad finita y son todas las unidades de producción activas de tejas cerámicas artesanales o tejas cerámicas mecanizadas llamadas tejerías que se ubican en el centro poblado de Piñipampa, que durante el mes de noviembre del año 2018 colocan a la venta al menos un lote de tejas cerámicas (hornada).

Figura 39: Ubicación de la muestra en el centro poblado de Piñipampa.



### 3.3.2.2. Cuantificación de la muestra.

El número total de muestras a evaluar es 41 unidades de producción activas (tejerías).

Tabla 29: Cuantificación de la muestra.

N°	Tejería activa	Manufactura teja cerámica	Número de unid. de muestra
1	Nicanor Ccarita García	Artesanal	10
2	Ramón Taco Ccacyatancco	Artesanal	10
3	Celso Uturunco Apaza	Artesanal	10
4	Juan Mamani Ferata	Artesanal	10
5	Juvenal Coaquira Turpo	Artesanal	10
6	David Quispe Ortiz	Artesanal	10
7	Wilfredo Mamani Huanaco	Artesanal	10
8	Justo Armas Huamán	Artesanal	10
9	Ángel Mamani Loayza	Artesanal	10
10	Froilán Choque Inquilla	Artesanal	10
11	Santos Ccoyccosi Ramos	Artesanal	10
12	Honorato Ccoya Ccarhuarupay	Artesanal	10
13	Guido del Carpio García	Artesanal	10
14	Inocencio Yucra Mamani	Artesanal	10
15	Raúl Aymituma Mendoza	Artesanal	10
16	Vicente Bonifacio Ramos	Artesanal	10
17	Oscar Quispe Ortiz	Artesanal	10
18	Juan Bonifacio Ramos	Artesanal	10
19	Sabino Huillca Condemayta	Artesanal	10
20	Julián Mamani Pachacutec	Artesanal	10
21	Fermín Challco Mamani	Mecanizada	10
22	Nicanor Ccarita García	Mecanizada	10
23	Nicomedes Auccapuma Yuto	Mecanizada	10
24	José Ttito Condori	Mecanizada	10
25	William Ccoyccosi Susaya	Mecanizada	10
26	Juan Monroy Gutiérrez	Mecanizada	10
27	Valentín Huillca Huillca	Mecanizada	10
28	Juan Condori Mayo	Mecanizada	10
29	Pastor Mamani Ccari	Mecanizada	10
30	Ignacio Ttito Condori	Mecanizada	10
31	Guido del Carpio García	Mecanizada	10
32	Mario Monroy Gutiérrez	Mecanizada	10
33	Luis Morales Chávez	Mecanizada	10
34	María Cruz Yuca	Mecanizada	10
35	Wilfredo Blancos Quispe	Mecanizada	10
36	Roger Apaza Mamani	Mecanizada	10
37	Herminio Huamán Mesicano	Mecanizada	10
38	Santos Apaza Vargas	Mecanizada	10
39	Pedro Fernandez Mamani	Mecanizada	10
40	Ladislao Paz Nina	Mecanizada	10
41	Víctor Ortiz Inquillay	Mecanizada	10

Fuente: Propia



### 3.3.2.3. *Método de muestreo.*

El método de muestreo es No Probabilístico, porque la elección de la muestra no depende de la probabilidad sino de la disponibilidad de la unidad de producción activa (tejerías activas) de tejas cerámicas artesanales o tejas cerámicas mecanizadas de Piñipampa en el mes de noviembre del año 2018 de poner a venta al público de al menos un lote de tejas cerámicas sea esta: teja artesanal o teja mecanizada.

Aquí el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisión del investigador y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios (Hernández et al, 2014).

### 3.3.2.4. *Criterios de evaluación de muestra.*

Para la evaluación de las propiedades físicas – mecánicas de las tejas cerámicas se considera los siguientes criterios:

- Se evalúa las tejas cerámicas manufacturadas en el centro poblado de Piñipampa: tejas cerámicas formadas o moldeadas de forma manual a la que se denomina teja artesanal, y tejas cerámicas formadas o moldeadas de forma mecanizada por extrusión a la que se denomina teja mecanizada. Los que fueron producidos durante el mes de noviembre del año 2018.
- Para la evaluación de las tejas cerámicas se utilizan las Normas Técnicas Ecuatorianas INEN siguientes:
  - NTE INEN 986 (1984)
  - NTE INEN 988 (1984)
  - NTE INEN 989 (1984)
  - NTE INEN 990 (1984)
- Para el control de calidad de las materias primas con las que se elabora las tejas cerámicas de Piñipampa se utiliza:
  - Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil de Joseph E. Bowles
- Tejerías activas que utilizan como materias primas para la manufactura de tejas cerámicas arcillas procedentes de canteras de: Piñipampa, Querarpata y San Jerónimo; arena fina procedente de la playa Piñipampa ubicada en la rivera del río Vilcanota y agua de Piñipampa.
- Tejerías activas que utilizan como parte del proceso de manufactura hornos tradicionales rectangulares para el tratamiento térmico de las tejas cerámicas.





- Tejerías activas que utilizan para el tratamiento térmico (quemado) de las tejas cerámicas combustibles orgánicos (ramas y palos de Eucalipto y/o aserrín de madera).
- Las unidades de muestreo requeridos de cada tejería para su evaluación de acuerdo a la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 990, son mínimamente: 5 unidades para el ensayo de resistencia a la flexión y 5 unidades para el ensayo de absorción de agua.

Para la recolección de datos en la investigación se decide ensayar las primeras 5 unidades de tejas, de las 10 extraídas de cada tejería, puesto que después del ensayo destructivo de resistencia a la flexión aplicado a 5 tejas cerámicas se obtienen 5 tejas cerámicas rotas o fracturadas, los que se vuelven a utilizar para el ensayo de determinación de absorción de agua. Por lo que en la presente investigación se ensaya un total de 205 unidades de tejas cerámicas (artesanales y mecanizadas) en todos los ensayos de la investigación, vale decir 100 unidades de tejas cerámicas artesanales de 20 tejerías y 105 unidades de tejas cerámicas mecanizadas de 21 tejerías.

### 3.3.3. Criterios de inclusión.

Los criterios de inclusión son:

- Tejerías activas que manufacturan tejas cerámicas curvas, ósea tiene una forma acanalada en el sentido longitudinal, con una ligera reducción de su ancho hacia uno de los extremos.
- Las tejerías activas que manufacturan tejas cerámicas artesanales o tejas cerámicas mecanizadas utilizando como materias primas: arcilla, arena fina y agua, y obtienen luego de un tratamiento térmico tejas cerámicas de una longitud de 42 cm por 18 cm de ancho y 1 cm de espesor aproximadamente.
- Las tejerías activas que durante el mes de noviembre del 2018 ponen a disposición para venta al público de al menos un lote de tejas cerámicas (hornada) y de este proceso de se extrae las unidades de muestra.
- Las tejerías activas que realizan la cocción de tejas cerámicas en hornos tradicionales rectangulares apilados verticalmente en tres pisos de rumas acomodadas dentro del horno, lográndose una altura máxima de los tres pisos de 1.32 m aproximadamente.
- Tejerías activas asentadas sobre la cantera de arcilla de Piñipampa o alrededores de la cantera y que es operado por su propietario o arrendador.



3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1.1. Instrumentos de recolección de campo.

Se realiza una encuesta - entrevista con un cuestionario de 12 preguntas a los responsables de dirigir el proceso de manufactura de tejas cerámicas artesanales y tejas cerámicas mecanizadas del centro poblado de Piñipampa.

3.4.1.1.1. Encuesta.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Escuela profesional de Ingeniería Civil



CUESTIONARIO

TESIS DE INVESTIGACIÓN:

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS – MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”.

TESISTA: Bach. DAVID FERNÁNDEZ CHURA

FECHA: ...../...../.....

NOMBRES Y APELLIDOS:.....

1. ¿CUÁL ES LA CONDICIÓN DE LA FABRICA DE TEJAS CERÁMICAS?

- ( ) PROPIA
( ) ALQUILADA

2. ¿CUÁL ES LA TEJA CERÁMICA QUE PRODUCE?

- ( ) ARTESANAL
( ) MECANIZADA

3. ¿CUÁL ES PROCEDENCIA DE LAS MATERIAS PRIMAS QUE UTILIZA EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CERÁMICAS?

- ( ) ARCILLA DE PIÑIPAMPA
( ) ARCILLA DE QUERARPATA
( ) ARCILLA DE SAN JERÓNIMO
( ) OTRA ARCILLA DE.....
( ) ARENA FINA DE.....
( ) AGUA DE.....



4. ¿CUÁL ES LA DOSIFICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS QUE UTILIZA PARA LA FABRICACIÓN DE TEJAS CERÁMICAS?

- ARCILLA DE PIÑIPAMPA.....
- ARCILLA DE QUERARPATA.....
- ARCILLA DE SAN JERÓNIMO.....
- OTRA ARCILLA DE.....
- ARENA FINA .....
- AGUA.....

5. ¿QUÉ MAQUINAS O EQUIPOS UTILIZA EN LA FABRICACIÓN DE LAS TEJAS CERÁMICAS?

- ( ) CHANCADORA O TRITURADORA CON TAMIZ DE..... mm DE Ø
- ( ) MAQUINA EXTRUSORA EQUIPADA
- ( ) OTROS.....

6. ¿DÓNDE REALIZA EL PROCESO DE SECADO DE LA TEJA CERÁMICA?

- ( ) AL AIRE LIBRE
- ( ) BAJO UN TECHO

7. ¿QUÉ TIPO DE COMBUSTIBLES UTILIZA PARA COCCIÓN DE TEJAS CERÁMICAS?

- ( ) RAMAS DE EUCALIPTO (CHAMIZ)
- ( ) PALOS DE EUCALIPTO
- ( ) ASERRÍN DE MADERA
- ( ) OTROS.....

8. ¿CUÁNTO TIEMPO EN HORAS REALIZA LA COCCIÓN DE LAS TEJAS CERÁMICAS Y QUÉ CANTIDAD DE COMBUSTIBLE UTILIZA?

.....

9. ¿CUAL ES LA TEMPERATURA DE COCCIÓN DE LAS TEJAS CERÁMICAS QUE PRODUCE?

..... (°C)

10. ¿QUÉ CANTIDAD DE TEJAS CERÁMICAS EN MILLARES COCCIONA SU HORNO TRADICIONAL?

.....

11. ¿CUÁL ES LA PRODUCCIÓN MENSUAL DE TEJAS CERÁMICAS EN MILLARES?

- a) EN TEMPORADA SECA.....
- b) EN TEMPORADA DE LLUVIA.....

12. ¿CUÁL ES EL CRITERIO DE SELECCIÓN QUE REALIZA PARA LA PUESTA EN VENTA DE LA TEJA CERÁMICA?

.....

.....



3.4.1.1.2. Acta de muestreo.

Tabla 30: Formato de recolección de datos del acta de muestreo de las tejas cerámicas.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
<b>TÍTULO DE TESIS:</b>	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”	
<b>DATOS GENERALES</b>		
<b>ACTA DE:</b>	MUESTREO	
<b>LUGAR:</b>	CENTRO POBLADO DE PIÑIPAMPA	
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA	
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN	
<b>DATOS DEL FABRICANTE DE TEJA CERÁMICA</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS:</b>		
<b>DIRECCIÓN DE LA FÁBRICA:</b>		
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
<b>TIPO DE TEJA:</b>		
<b>IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA</b>		
<b>NUMERO DE UNIDADES DE MUESTRA:</b>		
<b>LUGAR DE EXTRACCIÓN DE MUESTRA:</b>		
<b>LOTE:</b>		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>		
<b>OBSERVACIONES</b>		
<b>NOMBRES, APELLIDOS Y FIRMAS</b>		
_____	_____	
Tesista	Productor de teja cerámica	



Fuente: Propia





3.4.1.2.3. *Ensayo de absorción de agua.*



Tabla 33: Formato de recolección de datos para el ensayo de absorción de agua.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”					
<b>TOMA DE DATOS</b>						
<b>ENSAYO:</b>	ABSORCIÓN DE AGUA DE TEJAS CERÁMICAS					
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 989 (1984)					
<b>TIPO DE TEJA:</b>						
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC					
<b>FECHA:</b>						
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA					
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN					
<b>ABSORCIÓN DE AGUA DE TEJA CERÁMICA</b>						
Identificación de Muestra	Peso Seco (g)			Peso Saturado (g)		
	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Fuente: Propia



3.4.1.2.4. *Ensayo de análisis granulométrico de arcillas trituradas y arena fina.*

Tabla 34: Formato de recolección de datos para el ensayo de análisis granulométrico de materias primas obtenidas del proceso de trituración.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"		
<b>TOMA DE DATOS</b>			
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
NORMA:	AASHTO T88-70, ASTM D-422		
MATERIA PRIMA:			
LUGAR:	LABORATORIO DE LA UAC		
FECHA:			
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA		
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN		
	Peso de recipiente metálico		g
	Peso de recipiente + peso de muestra húmeda		g
	Peso de recipiente + peso de muestra seca		g
	Peso de muestra triturado en chancadora		g
	Error		%
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE ARCILLA</b>			
<b>N° Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	
3/8"	9.50		
4	4.75		
10	2.00		
30	0.60		
40	0.425		
50	0.300		
100	0.150		
200	0.075		
FONDO			
TOTAL			

Fuente: Propia

Tabla 35: Formato de recolección de datos para el ensayo de análisis granulométrico de materias primas obtenidas del proceso de trituración para clasificación del suelo.



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"		
<b>TOMA DE DATOS</b>			
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
NORMA:	MTC E 107, ASTM D-422		
ARCILLA DE:			
LUGAR:	LABORATORIO DE LA UAC		
FECHA:			
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA		
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN		
	Peso de muestra seca de arcilla antes de lavado en tamiz N° 200 (g)		
	Peso de muestra seca de arcilla después de lavado en tamiz N° 200 (g)		
	Error (%)		
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE ARCILLA</b>			
<b>N° Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	
3/8"	9.50		
4	4.75		
8	2.00		
16	1.18		
30	0.60		
50	0.30		
100	0.15		
200	0.075		
FONDO			
TOTAL			

Fuente: Propia



3.4.1.2.5. *Ensayo de límite líquido de materias primas utilizadas en la manufactura de tejas cerámicas.*


Tabla 36: Formato de recolección de datos para el ensayo de límite líquido.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO			
NORMA:	ASTM 423			
ARCILLA/DOSIFICACIÓN:				
LUGAR:	LABORATORIO DE LA UAC			
FECHA:				
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	Numero de golpes (N)

Fuente: Propia

3.4.1.2.5. *Ensayo de límite plástico de materias primas utilizadas en manufactura de tejas cerámicas.*

Tabla 37: Formato de recolección de datos para el ensayo de límite plástico.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”		
<b>TOMA DE DATOS</b>			
ENSAYO:	LÍMITE PLÁSTICO		
NORMA:	ASTM D424		
ARCILLA/DOSIFICACIÓN:			
LUGAR:	LABORATORIO DE LA UAC		
FECHA:			
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA		
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)

Fuente: Propia



### **3.4.2. Instrumentos de ingeniería.**

- ✓ Prensa de carga motorizada de la máquina CBR.
- ✓ Balanza de precisión 0.01 g.
- ✓ Horno eléctrico de secado 110 °C – 115 °C.
- ✓ Cuchara de Casagrande
- ✓ Ranurador tipo Casagrande
- ✓ Placa de vidrio pulido
- ✓ Juego de Tamices
- ✓ Bandejas
- ✓ Recipientes metálicos para contenido de humedad
- ✓ Cocina a gas
- ✓ Olla metálica de 25 litros.
- ✓ Nivel de mano
- ✓ Regla metálica milimetrada 50 cm.
- ✓ Badilejo
- ✓ Cámara fotográfica

### **3.5. Procedimiento de recolección de datos**

#### **3.5.1. Procedimiento de recolección de datos de campo.**

##### **3.5.1.1. Encuesta.**

###### **3.5.1.1.1. Materiales y equipos.**

- Cuestionario elaborado con 12 preguntas (2 paginas).
- Tablero de madera.
- Lapicero
- Plumón indeleble

###### **3.5.1.1.2. Procedimiento.**

- De forma personal y con debida anticipación se informó e invitó a los productores de tejas cerámicas de Piñipampa la aplicación de la encuesta y muestreo de tejas cerámicas para su evaluación a través de ensayos, para desarrollar una tesis en la Universidad Andina del Cusco.

- Se realiza la encuesta por medio de una entrevista personal con el responsable directo de la manufactura de las tejas cerámicas artesanales o tejas cerámicas mecanizadas, con el propósito de acceder a una información de primera fuente.
- La aplicación de la encuesta a los productores de tejas cerámicas artesanales o tejas cerámicas mecanizadas del centro poblado de Piñipampa se realiza juntamente al muestreo de tejas cerámicas. Esta actividad se realiza cuando el productor cuenta con un lote de tejas cerámicas descargadas del horno tradicional aptas para su venta.



*Figura 40:* Aplicación de encuesta a productores de tejas cerámicas de Piñipampa.  
Fuente: Propia del autor.

**3.5.1.1.3. Toma de datos.**

Pregunta N° 1: ¿Cuál es la condición de la fábrica de tejas cerámicas?

Tabla 38: Toma de datos de condición de propiedad de las unidades de producción (tejerías).

N°	Identificación de muestra	Productor de tejas cerámicas	Condición
1	M1	Fermín Challco Mamani	Propia
2	M2 y A1	Nicanor Ccarita García	Propia
3	M3	Nicomedes Auccapuma Yuto	Propia
4	M4	José Ttito Condori	Propia
5	M5	William Ccoyccosi Susaya	Alquilada
6	M6	Juan Monrroy Gutiérrez	Propia
7	M7	Valentín Huillca Huillca	Propia
8	M8	Juan Condori Mayo	Propia
9	M9	Pastor Mamani Ccari	Alquilada
10	M10	Ignacio Ttito Condori	Propia
11	M11 y A13	Guido del Carpio García	Propia
12	M12	Mario Monrroy Gutiérrez	Propia
13	M13	Luis Morales Chávez	Propia
14	M14	María Cruz Yuca	Propia
15	M15	Wilfredo Blancos Quispe	Propia
16	M16	Roger Apaza Mamani	Alquilada
17	M17	Herminio Huamán Mesicano	Propia
18	M18	Santos Apaza Vargas	Alquilada
19	M19	Pedro Fernandez Mamani	Propia
20	M20	Ladislao Paz Nina	Propia
21	M21	Víctor Ortiz Inquillay	Propia
22	A2	Ramón Taco Ccacyatancco	Propia
23	A3	Celso Uturnco Apaza	Propia
24	A4	Juan Mamani Ferata	Alquilada
25	A5	Juvenal Coaquira Turpo	Propia
26	A6	David Quispe Ortiz	Propia
27	A7	Wilfredo Mamani Huanaco	Propia
28	A8	Justo Armas Huamán	Propia
29	A9	Ángel Mamani Loayza	Alquilada
30	A10	Froilán Choque Inquilla	Propia
31	A11	Santos Ccoyccosi Ramos	Propia
32	A12	Honorato Ccoya Ccarhuarupay	Propia
33	A14	Inocencio Yucra Mamani	Propia
34	A15	Raúl Aymituma Mendoza	Propia
35	A16	Vicente Bonifacio Ramos	Propia
36	A17	Oscar Quispe Ortiz	Propia
37	A18	Juan Bonifacio Ramos	Propia
38	A19	Sabino Huillca Condemayta	Propia
39	A20	Julián Mamani Pachacutec	Propia

Fuente: Propia

Pregunta N° 2: ¿Cuál es la teja cerámica que produce?

Tabla 39: Toma de datos del tipo de teja que manufacturan las tejerías de Piñipampa.

N°	Productor de tejas cerámicas	Teja cerámica
1	Fermín Challco Mamani	Mecanizada
2	Nicanor Ccarita García	Artesanal y Mecanizada
3	Nicomedes Auccapuma Yuto	Mecanizada
4	José Tito Condori	Mecanizada
5	William Ccoyccosi Susaya	Mecanizada
6	Juan Monrroy Gutiérrez	Mecanizada
7	Valentín Huilca Huilca	Mecanizada
8	Juan Condori Mayo	Artesanal y Mecanizada
9	Pastor Mamani Ccari	Mecanizada
10	Ignacio Tito Condori	Mecanizada
11	Guido del Carpio García	Artesanal y Mecanizada
12	Mario Monrroy Gutiérrez	Mecanizada
13	Luis Morales Chávez	Mecanizada
14	María Cruz Yuca	Mecanizada
15	Wilfredo Blancos Quispe	Artesanal y Mecanizada
16	Roger Apaza Mamani	Mecanizada
17	Herminio Huamán Mesicano	Mecanizada
18	Santos Apaza Vargas	Mecanizada
19	Pedro Fernandez Mamani	Mecanizada
20	Ladislao Paz Nina	Artesanal y Mecanizada
21	Víctor Ortiz Inquillay	Mecanizada
22	Ramón Taco Ccacyatancco	Artesanal
23	Celso Uturunco Apaza	Artesanal
24	Juan Mamani Ferata	Artesanal
25	Juvenal Coaquira Turpo	Artesanal
26	David Quispe Ortiz	Artesanal
27	Wilfredo Mamani Huanaco	Artesanal
28	Justo Armas Huamán	Artesanal
29	Ángel Mamani Loayza	Artesanal
30	Froilán Choque Inquilla	Artesanal
31	Santos Ccoyccosi Ramos	Artesanal y Mecanizada
32	Honorato Ccoya Ccarhuarupay	Artesanal
33	Inocencio Yucra Mamani	Artesanal
34	Raúl Aymituma Mendoza	Artesanal
35	Vicente Bonifacio Ramos	Artesanal
36	Oscar Quispe Ortiz	Artesanal
37	Juan Bonifacio Ramos	Artesanal
38	Sabino Huilca Condemayta	Artesanal
39	Julián Mamani Pachacutecq	Artesanal

Fuente: Propia

Pregunta N° 3: ¿Cuál es procedencia de las materias primas que utiliza en la elaboración de tejas cerámicas?

Tabla 40: Toma de datos de la procedencia de materias primas que utilizan las tejerías de Piñipampa.

N°	Productor	Arcilla	Arena fina	Agua
1	Fermín Challco Mamani	Piñipampa	Piñipampa	Piñipampa
2	Nicanor Ccarita García	Piñipampa – Querarpata	Piñipampa	Piñipampa
3	Nicomedes Auccupuma Yuto	Querarpata – San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
4	José Ttito Condori	Piñipampa – Querarpata	Piñipampa	Piñipampa
5	William Ccoyccosi Susaya	Piñipampa – San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
6	Juan Monrroy Gutiérrez	Piñipampa	Piñipampa	Piñipampa
7	Valentín Huillca Huillca	Piñipampa – San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
8	Juan Condori Mayo	Piñipampa – San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
9	Pastor Mamani Ccari	Querarpata – San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
10	Ignacio Ttito Condori	Querarpampa	Piñipampa	Piñipampa
11	Guido del Carpio García	Querarpata – San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
12	Mario Monrroy Gutiérrez	Piñipampa	Piñipampa	Piñipampa
13	Luis Morales Chávez	Piñipampa-Querarpata-San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
14	María Cruz Yuca	Piñipampa – San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
15	Wilfredo Blancos Quispe	Piñipampa	Piñipampa	Piñipampa
16	Roger Apaza Mamani	Piñipampa	Piñipampa	Piñipampa
17	Herminio Huamán Mesicano	Querarpata	Piñipampa	Piñipampa
18	Santos Apaza Vargas	Piñipampa	Piñipampa	Piñipampa
19	Pedro Fernandez Mamani	Piñipampa – San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
20	Ladislao Paz Nina	Piñipampa-Querarpata-San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
21	Víctor Ortiz Inquillay	Piñipampa – San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
22	Ramón Taco Ccacyatancco	Piñipampa – Querarpata	Piñipampa	Piñipampa
23	Celso Uturunco Apaza	Querarpata	Piñipampa	Piñipampa
24	Juan Mamani Ferata	Querarpata	Piñipampa	Piñipampa
25	Juvenal Coaquira Turpo	Piñipampa	Piñipampa	Piñipampa
26	David Quispe Ortiz	Piñipampa	Piñipampa	Piñipampa
27	Wilfredo Mamani Huanaco	Querarpata – San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
28	Justo Armas Huamán	Piñipampa – Querarpata	Piñipampa	Piñipampa
29	Ángel Mamani Loayza	Querarpata – San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
30	Froilán Choque Inquilla	Piñipampa-Querarpata-San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
31	Santos Ccoyccosi Ramos	San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
32	Honorato Ccoya Ccarhuarupay	Querarpata – San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
33	Inocencio Yucra Mamani	Piñipampa – San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
34	Raúl Aymituma Mendoza	San Jerónimo	Piñipampa	Piñipampa
35	Vicente Bonifacio Ramos	Piñipampa	Piñipampa	Piñipampa
36	Oscar Quispe Ortiz	Querarpata	Piñipampa	Piñipampa
37	Juan Bonifacio Ramos	Piñipampa	Piñipampa	Piñipampa
38	Sabino Huillca Condemayta	Querarpata	Piñipampa	Piñipampa
39	Julián Mamani Pachacuteg	Piñipampa	Piñipampa	Piñipampa

Fuente: Propia

Pregunta N° 4: ¿Cuál es la dosificación de materias primas que utiliza para la fabricación de tejas cerámicas?

Tabla 41: Toma de datos de la dosificación de materias primas.

N°	Productor de tejas cerámicas	Arcilla y arena en carretilla buggy				Agua en balde (20 L) por buggy
		Piñipampa	Querarpata	San Jerónimo	Arena fina	
1	Fermín Chalco Mamani	5			2	1.25
2	Nicanor Ccarita García	10	10		3	1.25
3	Nicomedes Aucapuma Yuto		10	10	2	1.25
4	José Ttito Condori	5	20		4	1.25
5	William Ccoyccosi Susaya	12		8	5	1.25
6	Juan Monroy Gutiérrez	11			2	1.25
7	Valentín Huilca Huilca	10		14	8	1
8	Juan Condori Mayo	10		11	3	1
9	Pastor Mamani Ccari		4	4	4	1.25
10	Ignacio Ttito Condori		8		3	1.25
11	Guido del Carpio García		10	10	6	1.25
12	Mario Monroy Gutiérrez	15			3	1
13	Luis Morales Chávez	2	1	1	1	1
14	María Cruz Yuca	10		10	2	1.25
15	Wilfredo Blancos Quispe	22			6	1
16	Roger Apaza Mamani	18			2	1.25
17	Herminio Huamán Mesicano		20		5	1
18	Santos Apaza Vargas	22			2	1.25
19	Pedro Fernandez Mamani			12	4	1.25
20	Ladislao Paz Nina	7	2	3	2	1.25
21	Víctor Ortiz Inquillay	12		6	2	1.25
22	Nicanor Ccarita García	10	10		3	1.5
23	Ramón Taco Ccacyatancco	3	8		3	1.5
24	Celso Uturnco Apaza		10		3	1.5
25	Juan Mamani Ferata		10		2	1.5
26	Juvenal Coaquira Turpo	10			2	1.5
27	David Quispe Ortiz	10			2	1.5
28	Wilfredo Mamani Huanaco		6	6	3	1.5
29	Justo Armas Huamán	7	5		2	1.5
30	Ángel Mamani Loayza		12	5	2	1.5
31	Froilán Choque Inquilla	3	5	10	4	1.5
32	Santos Ccoyccosi Ramos			10	3	1.5
33	Honorato Ccoya Ccarhuarupay		10	10	4	1.5
34	Guido del Carpio García		10	10	6	1.5
35	Inocencio Yucra Mamani	5		5	1	1.5
36	Raúl Aymituma Mendoza			5	1	1.5
37	Vicente Bonifacio Ramos	9			2	1.5
38	Oscar Quispe Ortiz		10		3	1.5
39	Juan Bonifacio Ramos	20			5	1.5
40	Sabino Huilca Condemayta		10		2	1.5
41	Julián Mamani Pachacutec	10			3	1.5

Fuente: Propia

Pregunta N° 5: ¿Qué máquinas o equipos utiliza en la fabricación de las tejas cerámicas?

Tabla 42: Toma de datos de las maquinarias utilizadas en la manufactura de tejas cerámicas.

N°	Productor	Maquinas Utilizadas	Tamiz de chancadora (mm Ø)
1	Fermín Challoco Mamani	Chancadora, Extrusora	4.4
2	Nicanor Ccarita García	Chancadora, Extrusora	5.2
3	Nicomedes Auccapuma Yuto	Chancadora, Extrusora	5.2
4	José Tito Condori	Chancadora, Extrusora	4.4
5	William Ccoyccosi Susaya	Chancadora, Extrusora	4.4
6	Juan Monroy Gutiérrez	Chancadora, Extrusora	4.4
7	Valentín Huillca Huillca	Chancadora, Extrusora	4.4
8	Juan Condori Mayo	Chancadora, Extrusora	4.4
9	Pastor Mamani Ccari	Chancadora, Extrusora	5.5
10	Ignacio Ttito Condori	Chancadora, Extrusora	4.4
11	Guido del Carpio García	Chancadora, Extrusora	4.4
12	Mario Monroy Gutiérrez	Chancadora, Extrusora	4.4
13	Luis Morales Chávez	Chancadora, Extrusora	4.4
14	María Cruz Yuca	Chancadora, Extrusora	4.4
15	Wilfredo Blancos Quispe	Chancadora, Extrusora	4.4
16	Roger Apaza Mamani	Chancadora, Extrusora	5.2
17	Herminio Huamán Mesicano	Chancadora, Extrusora	5.2
18	Santos Apaza Vargas	Chancadora, Extrusora	4.4
19	Pedro Fernandez Mamani	Chancadora, Extrusora	5.5
20	Ladislao Paz Nina	Chancadora, Extrusora	4.4
21	Víctor Ortiz Inquillay	Chancadora, Extrusora	4.4
22	Nicanor Ccarita García	Chancadora	5.2
23	Ramón Taco Ccacyatancco	No utiliza	x
24	Celso Uturunco Apaza	Chancadora	5.2
25	Juan Mamani Ferata	No utiliza	x
26	Juvenal Coaquira Turpo	Chancadora	4.4
27	David Quispe Ortiz	Chancadora	5.5
28	Wilfredo Mamani Huanaco	Chancadora	5.5
29	Justo Armas Huamán	Chancadora	4.4
30	Ángel Mamani Loayza	Chancadora	5.5
31	Froilán Choque Inquilla	Chancadora	5.2
32	Santos Ccoyccosi Ramos	Chancadora	4.4
33	Honorato Ccoya Ccarhuarupay	Chancadora	5.2
34	Guido del Carpio García	Chancadora	4.4
35	Inocencio Yucra Mamani	Chancadora	4.4
36	Raúl Aymituma Mendoza	Chancadora	4.4
37	Vicente Bonifacio Ramos	Chancadora	4.4
38	Oscar Quispe Ortiz	Chancadora	5.2
39	Juan Bonifacio Ramos	Chancadora	4.4
40	Sabino Huillca Condemayta	No utiliza	x
41	Julián Mamani Pachacuteg	Chancadora	4.4

Fuente: Propia





Pregunta N° 6: ¿Dónde realiza el proceso de secado de la teja cerámica?

Tabla 43: Toma de datos de la forma de secado de las tejas cerámicas en las tejerías de Piñipampa.

N°	Productor de tejas cerámicas	Forma de secado
1	Fermín Chalco Mamani	Aire libre
2	Nicanor Ccarita García	Aire libre
3	Nicomedes Auccapuma Yuto	Aire libre
4	José Ttito Condori	Aire libre
5	William Ccoyccosi Susaya	Aire libre
6	Juan Monrroy Gutiérrez	Aire libre
7	Valentín Huillca Huillca	Aire libre
8	Juan Condori Mayo	Aire libre
9	Pastor Mamani Ccari	Aire libre
10	Ignacio Ttito Condori	Aire libre
11	Guido del Carpio García	Aire libre
12	Mario Monrroy Gutiérrez	Aire libre
13	Luis Morales Chávez	Aire libre
14	María Cruz Yuca	Aire libre
15	Wilfredo Blancos Quispe	Aire libre
16	Roger Apaza Mamani	Aire libre
17	Herminio Huamán Mesicano	Aire libre
18	Santos Apaza Vargas	Aire libre
19	Pedro Fernandez Mamani	Aire libre
20	Ladislao Paz Nina	Aire libre
21	Víctor Ortiz Inquillay	Aire libre
22	Nicanor Ccarita García	Aire libre
23	Ramón Taco Ccacyatancco	Aire libre
24	Celso Uturnco Apaza	Aire libre
25	Juan Mamani Ferata	Aire libre
26	Juvenal Coaquira Turpo	Aire libre
27	David Quispe Ortiz	Aire libre
28	Wilfredo Mamani Huanaco	Aire libre
29	Justo Armas Huamán	Aire libre
30	Ángel Mamani Loayza	Aire libre
31	Froilán Choque Inquilla	Aire libre
32	Santos Ccoyccosi Ramos	Aire libre
33	Honorato Ccoya Ccarhuarupay	Aire libre
34	Guido del Carpio García	Aire libre
35	Inocencio Yucra Mamani	Aire libre
36	Raúl Aymituma Mendoza	Aire libre
37	Vicente Bonifacio Ramos	Aire libre
38	Oscar Quispe Ortiz	Aire libre
39	Juan Bonifacio Ramos	Aire libre
40	Sabino Huillca Condemayta	Aire libre
41	Julián Mamani Pachacutecq	Aire libre

Fuente: Propia

Pregunta N° 7: ¿Qué tipo de combustibles utiliza para cocción de tejas cerámicas?

Tabla 44: Toma de datos de combustibles utilizados por los hornos tradicionales de Piñipampa.

N°	Productor de teja cerámica	Combustibles utilizados para la cocción de teja cerámica
1	Fermín Challco Mamani	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
2	Nicanor Ccarita García	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
3	Nicomedes Auccapuma Yuto	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
4	José Ttito Condori	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
5	William Ccoyccosi Susaya	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
6	Juan Monrroy Gutiérrez	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
7	Valentín Huillca Huillca	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
8	Juan Condori Mayo	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
9	Pastor Mamani Ccari	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
10	Ignacio Ttito Condori	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
11	Guido del Carpio García	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
12	Mario Monrroy Gutiérrez	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
13	Luis Morales Chávez	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
14	María Cruz Yuca	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
15	Wilfredo Blancos Quispe	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
16	Roger Apaza Mamani	Ramas, Palos de Eucalipto, Aserrín de madera
17	Herminio Huamán Mesicano	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
18	Santos Apaza Vargas	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
19	Pedro Fernandez Mamani	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
20	Ladislao Paz Nina	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
21	Víctor Ortiz Inquillay	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
22	Nicanor Ccarita García	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
23	Ramón Taco Ccacyatancco	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
24	Celso Uturunco Apaza	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
25	Juan Mamani Ferata	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
26	Juvenal Coaquira Turpo	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
27	David Quispe Ortiz	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
28	Wilfredo Mamani Huanaco	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
29	Justo Armas Huamán	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
30	Ángel Mamani Loayza	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
31	Froilán Choque Inquilla	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
32	Santos Ccoyccosi Ramos	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
33	Honorato Ccoya Ccarhuarupay	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
34	Guido del Carpio García	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
35	Inocencio Yucra Mamani	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
36	Raúl Aymituma Mendoza	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
37	Vicente Bonifacio Ramos	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
38	Oscar Quispe Ortiz	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
39	Juan Bonifacio Ramos	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
40	Sabino Huillca Condemayta	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto
41	Julián Mamani Pachacuteg	Ramas de Eucalipto, Palos de Eucalipto

Fuente: Propia



Pregunta N° 8: ¿Cuánto tiempo en horas realiza la cocción de las tejas cerámicas y qué cantidad de combustible utiliza?

Tabla 45: Toma de datos del tiempo y cantidad de combustible utilizado en cocción de tejas cerámicas de Piñipampa.

N°	Productor de tejas cerámicas	Tiempo (horas)	Cantidad
1	Fermín Chalco Mamani	9 a 10	2 Camionadas
2	Nicanor Ccarita García	11 a 12	1 Camionada
3	Nicomedes Aucapuma Yuto	12 a 14	1 Camionada
4	José Ttito Condori	12 a 14	1 Camionada
5	William Ccoyccosi Susaya	12 a 14	1 Camionada
6	Juan Monroy Gutiérrez	10 a 11	1 Camionada
7	Valentín Huillca Huillca	13	1 Camionada
8	Juan Condori Mayo	12 a 13	1 Camionada
9	Pastor Mamani Ccari	13 a 14	1 Camionada
10	Ignacio Ttito Condori	13 a 14	1 Camionada
11	Guido del Carpio García	11 a 13	1 Camionada
12	Mario Monroy Gutiérrez	9 a 10	1 Camionada
13	Luis Morales Chávez	12 a 14	1 Camionada
14	María Cruz Yuca	14	1 Camionada
15	Wilfredo Blancos Quispe	13 a 14	1 Camionada
16	Roger Apaza Mamani	13	1 Camionada
17	Herminio Huamán Mesicano	12 a 13	1 Camionada
18	Santos Apaza Vargas	10 a 12	1 Camionada
19	Pedro Fernandez Mamani	10 a 11	1 Camionada
20	Ladislao Paz Nina	9 a 10	1 Camionada
21	Víctor Ortiz Inquillay	13	1 Camionada
22	Nicanor Ccarita García	11 a 12	1 Camionada
23	Ramón Taco Ccacyatancco	9 a 10	1 Camionada
24	Celso Uturnco Apaza	10 a 12	1 Camionada
25	Juan Mamani Ferata	10 a 13	1 Camionada
26	Juvenal Coaquira Turpo	13	1 Camionada
27	David Quispe Ortiz	10	1 Camionada
28	Wilfredo Mamani Huanaco	10	1 Camionada
29	Justo Armas Huamán	12	1 Camionada
30	Ángel Mamani Loayza	12 a 13	1 Camionada
31	Froilán Choque Inquilla	13 a 14	1 Camionada
32	Santos Ccoyccosi Ramos	10 a 12	1 Camionada
33	Honorato Ccoya Ccarhuarupay	12	1 Camionada
34	Guido del Carpio García	11 a 13	1 Camionada
35	Inocencio Yucra Mamani	11	1 Camionada
36	Raúl Aymituma Mendoza	10 a 12	1 Camionada
37	Vicente Bonifacio Ramos	12	1 Camionada
38	Oscar Quispe Ortiz	10 a 12	1 Camionada
39	Juan Bonifacio Ramos	12	1 Camionada
40	Sabino Huillca Condemayta	11 a 12	1 Camionada
41	Julián Mamani Pachacuteg	12	1 Camionada

Fuente: Propia



Pregunta N° 9: ¿Cuál es la temperatura de cocción de las tejas cerámicas que produce?

Tabla 46: Toma de datos de la temperatura de cocción de las tejas cerámicas de Piñipampa.

N°	Productor de tejas cerámicas	Temperatura de cocción
1	Fermín Chalco Mamani	Más de 800 °C
2	Nicanor Ccarita García	Más de 800 °C
3	Nicomedes Auccapuma Yuto	Más de 800 °C
4	José Ttito Condori	Más de 800 °C
5	William Ccoyccosi Susaya	Más de 800 °C
6	Juan Monrroy Gutiérrez	Más de 800 °C
7	Valentín Huillca Huillca	Más de 800 °C
8	Juan Condori Mayo	Más de 800 °C
9	Pastor Mamani Ccari	Más de 800 °C
10	Ignacio Ttito Condori	Más de 800 °C
11	Guido del Carpio García	Más de 800 °C
12	Mario Monrroy Gutiérrez	Más de 800 °C
13	Luis Morales Chávez	Más de 800 °C
14	María Cruz Yuca	Más de 800 °C
15	Wilfredo Blancos Quispe	Más de 800 °C
16	Roger Apaza Mamani	Más de 800 °C
17	Herminio Huamán Mesicano	Más de 800 °C
18	Santos Apaza Vargas	Más de 800 °C
19	Pedro Fernandez Mamani	Más de 800 °C
20	Ladislao Paz Nina	Más de 800 °C
21	Víctor Ortiz Inquillay	Más de 800 °C
22	Nicanor Ccarita García	Más de 800 °C
23	Ramón Taco Ccacyatancco	Más de 800 °C
24	Celso Uturunco Apaza	Más de 800 °C
25	Juan Mamani Ferata	Más de 800 °C
26	Juvenal Coaquira Turpo	Más de 800 °C
27	David Quispe Ortiz	Más de 800 °C
28	Wilfredo Mamani Huanaco	Más de 800 °C
29	Justo Armas Huamán	Más de 800 °C
30	Ángel Mamani Loayza	Más de 800 °C
31	Froilán Choque Inquilla	Más de 800 °C
32	Santos Ccoyccosi Ramos	Más de 800 °C
33	Honorato Ccoya Ccarhuarupay	Más de 800 °C
34	Guido del Carpio García	Más de 800 °C
35	Inocencio Yucra Mamani	Más de 800 °C
36	Raúl Aymituma Mendoza	Más de 800 °C
37	Vicente Bonifacio Ramos	Más de 800 °C
38	Oscar Quispe Ortiz	Más de 800 °C
39	Juan Bonifacio Ramos	Más de 800 °C
40	Sabino Huillca Condemayta	Más de 800 °C
41	Julián Mamani Pachacuteg	Más de 800 °C

Fuente: Propia



Pregunta N° 10: ¿Qué cantidad de tejas cerámicas en millares cocciona su horno tradicional?

Tabla 47: Toma de datos de la capacidad de los hornos tradicionales de Piñipampa (millares).

N°	Productor de tejas cerámicas	Capacidad (Millar)	Apilado vertical
1	Fermín Challco Mamani	10.10	3 niveles
2	Nicanor Ccarita García	5.10	3 niveles
3	Nicomedes Auccapuma Yuto	5.30	3 niveles
4	José Ttito Condori	5.40	3 niveles
5	William Ccoyccosi Susaya	5.50	3 niveles
6	Juan Monrroy Gutiérrez	5.40	3 niveles
7	Valentín Huilca Huilca	5.20	3 niveles
8	Juan Condori Mayo	6.30	3 niveles
9	Pastor Mamani Ccari	5.50	3 niveles
10	Ignacio Ttito Condori	6.80	3 niveles
11	Guido del Carpio García	5.40	3 niveles
12	Mario Monrroy Gutiérrez	5.50	3 niveles
13	Luis Morales Chávez	5.50	3 niveles
14	María Cruz Yuca	6.00	3 niveles
15	Wilfredo Blancos Quispe	6.00	3 niveles
16	Roger Apaza Mamani	5.50	3 niveles
17	Herminio Huamán Mesicano	5.10	3 niveles
18	Santos Apaza Vargas	5.50	3 niveles
19	Pedro Fernandez Mamani	5.10	3 niveles
20	Ladislao Paz Nina	5.80	3 niveles
21	Víctor Ortiz Inquillay	5.20	3 niveles
22	Nicanor Ccarita García	5.10	3 niveles
23	Ramón Taco Ccacyatancco	5.10	3 niveles
24	Celso Uturunco Apaza	5.20	3 niveles
25	Juan Mamani Ferata	5.50	3 niveles
26	Juvenal Coaquira Turpo	5.30	3 niveles
27	David Quispe Ortiz	5.50	3 niveles
28	Wilfredo Mamani Huanaco	5.05	3 niveles
29	Justo Armas Huamán	5.20	3 niveles
30	Ángel Mamani Loayza	5.40	3 niveles
31	Froilán Choque Inquilla	6.50	3 niveles
32	Santos Ccoyccosi Ramos	5.10	3 niveles
33	Honorato Ccoya Ccarhuarupay	5.30	3 niveles
34	Guido del Carpio García	5.40	3 niveles
35	Inocencio Yucra Mamani	5.10	3 niveles
36	Raúl Aymituma Mendoza	5.10	3 niveles
37	Vicente Bonifacio Ramos	5.50	3 niveles
38	Oscar Quispe Ortiz	5.20	3 niveles
39	Juan Bonifacio Ramos	5.05	3 niveles
40	Sabino Huilca Condemayta	5.30	3 niveles
41	Julián Mamani Pachacutecq	5.10	3 niveles

Fuente: Propia



Pregunta N° 11: ¿Cuál es la producción mensual de tejas cerámicas en millares?

Tabla 48: Toma de datos de la producción mensual de las tejerías de Piñipampa por temporada.

N°	Productor de tejas cerámicas	Temporada seca (Millares)	Temporada de lluvia (Millares)
1	Fermín Challco Mamani	40	0
2	Nicanor Ccarita García	10	5
3	Nicomedes Auccapuma Yuto	20	5
4	José Tito Condori	15	0
5	William Ccoyccosi Susaya	10	3
6	Juan Monrroy Gutiérrez	30	10
7	Valentín Huillca Huillca	10	0
8	Juan Condori Mayo	25	5
9	Pastor Mamani Ccari	20	4
10	Ignacio Tito Condori	20	5
11	Guido del Carpio García	15	5
12	Mario Monrroy Gutiérrez	20	10
13	Luis Morales Chávez	25	5
14	María Cruz Yuca	10	5
15	Wilfredo Blancos Quispe	15	0
16	Roger Apaza Mamani	20	5
17	Herminio Huamán Mesicano	30	10
18	Santos Apaza Vargas	20	5
19	Pedro Fernandez Mamani	10	2
20	Ladislao Paz Nina	10	0
21	Víctor Ortiz Inquillay	25	5
22	Nicanor Ccarita García	10	5
23	Ramón Taco Ccaacyatancco	7.5	3
24	Celso Uturnco Apaza	10	5
25	Juan Mamani Ferata	5	0
26	Juvenal Coaquira Turpo	10	2
27	David Quispe Ortiz	10	5
28	Wilfredo Mamani Huanaco	5.1	2.5
29	Justo Armas Huamán	10	0
30	Ángel Mamani Loayza	5	2
31	Froilán Choque Inquilla	10	1
32	Santos Ccoyccosi Ramos	10	0
33	Honorato Ccoya Ccarhuarupay	5	0
34	Guido del Carpio García	15	5
35	Inocencio Yucra Mamani	10	1
36	Raúl Aymituma Mendoza	10	2
37	Vicente Bonifacio Ramos	9	0
38	Oscar Quispe Ortiz	10	0
39	Juan Bonifacio Ramos	5	2
40	Sabino Huillca Condemayta	10	2
41	Julián Mamani Pachacuteg	20	0

Fuente: Propia

Pregunta N° 12: ¿Cuál es el criterio de selección que realiza para la puesta en venta de la teja cerámica?

Tabla 49: Toma de datos de criterios de selección aplicados a las tejas de Piñipampa.

N°	Productor de tejas cerámicas	Criterio de selección aplicado a las tejas
1	Fermín Challco Mamani	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
2	Nicanor Ccarita García	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
3	Nicomedes Auccapuma Yuto	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
4	José Ttito Condori	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
5	William Ccoyccosi Susaya	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
6	Juan Monrroy Gutiérrez	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
7	Valentín Huillca Huillca	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
8	Juan Condori Mayo	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
9	Pastor Mamani Ccari	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
10	Ignacio Ttito Condori	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
11	Guido del Carpio García	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
12	Mario Monrroy Gutiérrez	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
13	Luis Morales Chávez	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
14	María Cruz Yuca	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
15	Wilfredo Blancos Quispe	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
16	Roger Apaza Mamani	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
17	Hermínio Huamán Mesicano	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
18	Santos Apaza Vargas	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
19	Pedro Fernandez Mamani	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
20	Ladislao Paz Nina	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
21	Víctor Ortiz Inquillay	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
22	Nicanor Ccarita García	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
23	Ramón Taco Ccacyatancco	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
24	Celso Uturunco Apaza	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
25	Juan Mamani Ferata	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
26	Juvenal Coaquira Turpo	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
27	David Quispe Ortiz	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
28	Wilfredo Mamani Huanaco	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
29	Justo Armas Huamán	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
30	Ángel Mamani Loayza	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
31	Froilán Choque Inquilla	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
32	Santos Ccoyccosi Ramos	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
33	Honorato Ccoya Ccarhuarupay	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
34	Guido del Carpio García	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
35	Inocencio Yucra Mamani	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
36	Raúl Aymituma Mendoza	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
37	Vicente Bonifacio Ramos	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
38	Oscar Quispe Ortiz	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
39	Juan Bonifacio Ramos	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
40	Sabino Huillca Condemayta	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma
41	Julián Mamani Pachacutecq	Color de teja, tejas con grietas, tejas con defectos de forma

Fuente: Propia



### **3.5.1.2. Acta de muestreo.**

#### **3.5.1.2.1. Materiales y equipos.**

- Formato de acta de muestreo de tejas cerámicas.
- Tablero de madera.
- Plumón indeleble color negro.

#### **3.5.1.2.2. Procedimiento.**

- En la actividad de muestreo de tejas cerámicas artesanales y tejas cerámicas mecanizadas se suscribe un acta con los productores de tejas cerámicas del centro poblado de Piñipampa después de aplicado la encuesta - entrevista.
- El muestreo se realiza sobre un lote de tejas cerámicas descargadas de horno listas para su venta producidas en el mes de noviembre del año 2018. Las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas son del mismo tipo y tamaño que fueron manufacturados en condiciones similares, el lote consta generalmente de 5000 unidades de tejas cerámicas aproximadamente, durante el proceso de descargado del horno tradicional se seleccionan las tejas con deficiencias según criterio del productor.
- Se decide aplicar un plan de muestreo simple que consiste en evaluar una sola muestra compuesta por 10 unidades de tejas cerámicas; este número se determina de la norma NTE INEN 990 (1984): Tejas Cerámicas. Requisitos, donde indica que se requiere mínimamente 5 tejas cerámicas para el ensayo de resistencia a la flexión y 5 tejas cerámicas mínimamente para el ensayo de absorción de agua.
- La extracción de las unidades de muestra (unidades de tejas cerámicas) se realiza sobre un lote de tejas descargadas del horno, del que se toma un grupo de 10 tejas cerámicas al azar de la ruma de filas y niveles apilados dispuestas para su venta.
- Cada teja cerámica se identifica marcando con un plumón indeleble según sea: artesanal con la letra mayúscula A seguida de un número que indica el orden en el que fue recogida para ser llevada al laboratorio y de misma forma para la teja mecanizada con la letra mayúscula M seguida de un número.
- Luego de ello se suscribe el acta de muestreo de tejas cerámicas entre el tesista y el productor de teja cerámica.
- Las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas muestreadas se acopian temporalmente en un almacén, para posteriormente ser transportados al laboratorio de la escuela profesional de ingeniería civil de la Universidad Andina del Cusco.



3.5.1.2.3. Toma de datos.

Tabla 50: Toma de datos del acta de muestreo de las tejerías de Piñipampa.

Nº	Productor de teja cerámica	Identificación de muestra	Número de unidades	Lugar de extracción	Lote (Unid.)
1	Fermín Challco Mamani	M1	10	Descargado	5000
2	Nicanor Ccarita García	M2	10	Descargado	5000
3	Nicomedes Auccapuma Yuto	M3	10	Descargado	5000
4	José Ttito Condori	M4	10	Descargado	5000
5	William Ccoyccosi Susaya	M5	10	Descargado	5000
6	Juan Monroy Gutiérrez	M6	10	Descargado	5000
7	Valentín Huillca Huillca	M7	10	Descargado	5000
8	Juan Condori Mayo	M8	10	Descargado	5000
9	Pastor Mamani Ccari	M9	10	Descargado	5000
10	Ignacio Ttito Condori	M10	10	Descargado	5000
11	Guido del Carpio García	M11	10	Descargado	5000
12	Mario Monroy Gutiérrez	M12	10	Descargado	5000
13	Luis Morales Chávez	M13	10	Descargado	5000
14	María Cruz Yuca	M14	10	Descargado	5000
15	Wilfredo Blancos Quispe	M15	10	Descargado	5000
16	Roger Apaza Mamani	M16	10	Descargado	5000
17	Herminio Huamán Mesicano	M17	10	Descargado	5000
18	Santos Apaza Vargas	M18	10	Descargado	5000
19	Pedro Fernandez Mamani	M19	10	Descargado	5000
20	Ladislao Paz Nina	M20	10	Descargado	5000
21	Víctor Ortiz Inquillay	M21	10	Descargado	5000
22	Nicanor Ccarita García	A1	10	Descargado	5000
23	Ramón Taco Ccacyatancco	A2	10	Descargado	5000
24	Celso Uturunco Apaza	A3	10	Descargado	5000
25	Juan Mamani Ferata	A4	10	Descargado	5000
26	Juvenal Coaquira Turpo	A5	10	Descargado	5000
27	David Quispe Ortiz	A6	10	Descargado	5000
28	Wilfredo Mamani Huanaco	A7	10	Descargado	5000
29	Justo Armas Huamán	A8	10	Descargado	5000
30	Ángel Mamani Loayza	A9	10	Descargado	5000
31	Froilán Choque Inquilla	A10	10	Descargado	5000
32	Santos Ccoyccosi Ramos	A11	10	Descargado	5000
33	Honorato Ccoya Ccarhuarupay	A12	10	Descargado	5000
34	Guido del Carpio García	A13	10	Descargado	5000
35	Inocencio Yucra Mamani	A14	10	Descargado	5000
36	Raúl Aymituma Mendoza	A15	10	Descargado	5000
37	Vicente Bonifacio Ramos	A16	10	Descargado	5000
38	Oscar Quispe Ortiz	A17	10	Descargado	5000
39	Juan Bonifacio Ramos	A18	10	Descargado	5000
40	Sabino Huillca Condemayta	A19	10	Descargado	5000
41	Julián Mamani Pachacutecq	A20	10	Descargado	5000

Fuente: Propia



### 3.5.2. Procedimiento de recolección de datos de laboratorio.

#### 3.5.2.1. Ensayo de variabilidad dimensional de tejas cerámicas.

##### 3.5.2.1.1. Materiales y equipos.

- Horno de secado 110 °C
- Balanza de 8 Kg de precisión 0.1 g
- Regla metálica milimetrada de 50 cm
- Regla metálica milimetrada de 20 cm
- Vernier
- Escobilla de plástico
- Lápiz
- Cinta flexible de 1 m.

##### 3.5.2.1.2. Procedimiento.

- Las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas se limpian con una escobilla de plástico para retirar los restos de cenizas producto del proceso de cocción. De forma particular en las tejas cerámicas artesanales existen restos de arena fina adheridas a su parte cóncava resultado del proceso propio de moldeo de la teja cerámica artesanal; es necesario realizar la limpieza con escobilla de plástico con el propósito de que no altere la magnitud de absorción de agua, al poderse desprender durante la sumersión y hervor en agua en el desarrollo del ensayo.
- Se determina en la parte convexa de la teja cerámica los puntos centrales de los arcos o bordes curvos extremos de las tejas (bocas) mayor y menor con ayuda de una cinta métrica flexible, seguidamente se mide con la regla metálica milimetrada de 50 cm la distancia que une estos puntos medios, determinándose de esta forma la longitud de la teja cerámica y el espesor se mide en el punto medio del arco mayor con un vernier.
- Se determina las medidas de los 2 anchos de las tejas cerámicas acomodando la parte cóncava de la teja hacia arriba para ello se utiliza la regla metálica milimetrada de 20 cm.
- Se determina la flecha mayor y flecha menor, para ello se acomoda la teja cerámica con la parte convexa hacia arriba y desde el punto central de los bordes curvos marcados anteriormente, se mide la distancia perpendicular entre la superficie de la mesa de

trabajo y la parte cóncava interna de las tejas cerámicas con la regla metálica milimetrada.

- Trazar una superficie de 6 x 6 cm con lápiz en el centro de la teja cerámica (parte convexa) para la aplicación de una capa de yeso en este trazo, actividad necesaria para el desarrollo del ensayo de determinación de resistencia a la flexión de la teja cerámica.
- Determinar el peso inicial de la teja cerámica en la balanza y proceder a secar en horno por 24 horas para determinar el peso seco de la teja cerámica.

	<p>Limpiar las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas, luego ubicar los centros de los los bordes curvos extremos, la línea que une estos puntos medios determina la longitud de la teja y el espesor se mide en el punto central del borde curvo mayor de las tejas cerámicas.</p>
<p>Medir el ancho mayor y menor de la teja ceramica colocando la parte concava hacia arriba; determinar la flecha mayor y menor acomodando su parte convexa hacia arriba midiendo la altura existente entre la superficie de la mesa y el punto medio de los bordes curvos de la teja ceramica.</p>	
	<p>Trazar una superficie de 6 x 6 cm en la parte central convexa de la teja ceramica, luego de ello registrar el peso inicial en la balanza.</p>
<p>Secar en horno las tejas ceramicas artesanales y/o mecanizadas por 24 horas para determinar el peso seco de la teja ceramica.</p>	

Figura 41: Procedimiento para realizar el ensayo de variabilidad dimensional.

Fuente: Propia del autor.

3.5.2.1.3. Toma de datos.

Tabla 51: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde A1 hasta A5.

		<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b></p>								
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>								
<b>TOMA DE DATOS</b>										
<b>ENSAYO:</b>		VARIABILIDAD DIMENSIONAL								
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 986 (1984)								
<b>TIPO DE TEJA:</b>		ARTESANAL								
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE UAC								
<b>FECHA:</b>		15-17-21/11/2018								
<b>TESISTA:</b>		BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA								
<b>ASESOR:</b>		ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN								
<b>DIMENSIONES Y PESO DE TEJA CERÁMICA</b>										
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	Peso I (g)	Longitud L (cm)	Ancho A (cm)	Ancho C (cm)	Flecha de curvatura D (cm)	Flecha de curvatura E (cm)	Espesor "e" (cm)	Peso Seco (g)		
A1	1	1595.2	42.2	18.5	16.2	4.9	3.5	1.00	1595.0	
	2	1580.9	42.4	18.7	16.1	4.3	3.7	1.00	1580.0	
	3	1630.4	42.0	18.3	16.7	4.7	3.4	1.00	1630.0	
	4	1635.4	42.2	18.5	16.4	4.8	3.7	1.00	1635.0	
	5	1640.3	42.0	19.1	16.7	4.0	3.3	1.00	1640.0	
A2	1	1552.0	42.6	18.8	15.0	4.5	4.1	1.00	1550.0	
	2	1516.8	42.7	19.0	16.0	4.2	3.6	1.00	1515.0	
	3	1506.7	42.0	18.7	15.6	3.8	3.6	1.00	1505.0	
	4	1577.0	42.7	19.0	15.8	4.1	3.7	1.00	1575.0	
	5	1521.9	42.8	18.8	15.6	4.4	3.6	1.00	1520.0	
A3	1	1436.0	41.5	18.3	15.8	4.5	4.1	1.10	1435.0	
	2	1396.1	42.0	18.2	15.7	4.5	3.6	1.05	1395.0	
	3	1451.3	42.0	18.4	15.5	4.5	4.0	1.10	1450.0	
	4	1410.7	42.0	18.3	15.3	4.5	4.0	1.05	1410.0	
	5	1470.9	42.0	18.3	15.8	4.5	3.9	1.05	1470.0	
A4	1	1700.9	42.5	18.7	16.8	4.3	3.7	1.10	1700.0	
	2	1771.1	42.5	18.7	16.7	4.6	3.8	1.20	1770.0	
	3	1750.8	42.8	18.8	16.3	4.6	4.0	1.10	1750.0	
	4	1665.7	42.4	18.3	16.7	4.3	3.5	1.10	1665.0	
	5	1731.1	42.3	18.5	16.8	4.7	3.6	1.15	1730.0	
A5	1	1586.9	41.8	19.5	15.5	3.7	4.4	1.10	1586.9	
	2	1597.0	42.2	19.5	16.0	3.8	3.6	1.10	1597.0	
	3	1581.8	42.2	19.2	16.0	4.0	3.8	1.10	1581.8	
	4	1557.0	42.2	19.3	15.7	3.8	3.8	1.10	1557.0	
	5	1506.6	41.8	19.5	16.0	3.8	3.8	1.10	1506.6	

Fuente: Propia

Tabla 52: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde A6 hasta A10.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>							
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>							
<b>TOMA DE DATOS</b>									
<b>ENSAYO:</b>		VARIABILIDAD DIMENSIONAL							
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 986 (1984)							
<b>TIPO DE TEJA:</b>		ARTESANAL							
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE UAC							
<b>FECHA:</b>		21-26-27/11/2018							
<b>TESISTA:</b>		BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA							
<b>ASESOR:</b>		ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN							
<b>DIMENSIONES Y PESO DE TEJA CERÁMICA</b>									
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	Peso I (g)	Longitud L (cm)	Ancho A (cm)	Ancho C (cm)	Flecha de curvatura D (cm)	Flecha de curvatura E (cm)	Espesor "e" (cm)	Peso Seco (g)	
A6	1	1561.5	42.0	18.6	16.0	4.5	4.1	1.05	1560.0
	2	1611.4	41.5	18.7	16.1	4.6	4.3	1.00	1610.0
	3	1576.5	41.4	19.3	16.6	4.5	4.3	1.05	1575.0
	4	1621.4	41.6	18.2	16.0	4.5	4.1	1.10	1620.0
	5	1541.8	42.0	18.3	15.7	4.6	3.8	1.10	1540.0
A7	1	1528.2	41.4	18.0	15.5	4.6	3.6	1.18	1527.3
	2	1626.1	41.2	18.3	15.6	4.6	3.6	1.14	1625.3
	3	1558.8	41.4	18.6	15.6	4.5	3.6	1.12	1557.9
	4	1554.6	41.5	18.6	15.5	4.4	3.7	1.13	1553.8
	5	1500.8	41.5	18.5	15.5	3.8	3.7	1.14	1499.9
A8	1	1714.0	42.0	17.8	15.4	4.3	3.8	1.10	1711.2
	2	1676.9	42.0	17.4	15.2	4.5	3.7	1.11	1673.9
	3	1632.2	41.8	17.8	15.4	4.8	3.7	1.12	1629.6
	4	1737.6	42.0	17.6	15.3	4.5	3.8	1.20	1734.6
	5	1713.0	42.0	18.0	15.2	4.4	4.1	1.16	1710.1
A9	1	1597.0	41.3	18.5	15.5	4.6	4.3	1.06	1596.1
	2	1620.8	40.8	18.6	16.3	4.3	3.8	1.06	1620.1
	3	1620.9	41.0	18.4	15.5	4.1	3.7	1.10	1620.2
	4	1637.0	41.2	18.7	16.0	4.0	3.8	1.06	1636.1
	5	1672.4	41.2	18.8	16.0	4.0	3.8	1.05	1671.3
A10	1	1523.6	41.8	18.4	16.0	4.3	3.6	1.05	1521.5
	2	1516.9	41.2	18.5	16.3	4.4	3.3	1.08	1514.6
	3	1433.1	41.8	18.2	15.6	3.8	3.3	1.05	1431.2
	4	1491.8	41.6	18.2	15.3	4.6	3.5	1.01	1489.2
	5	1542.8	41.7	18.6	15.7	4.3	3.4	1.05	1540.3

Fuente: Propia

Tabla 53: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde A11 hasta A15.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>							
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>							
<b>TOMA DE DATOS</b>									
<b>ENSAYO:</b>		VARIABILIDAD DIMENSIONAL							
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 986 (1984)							
<b>TIPO DE TEJA:</b>		ARTESANAL							
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE UAC							
<b>FECHA:</b>		28-29/11/2018 y 4/12/2018							
<b>TESISTA:</b>		BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA							
<b>ASESOR:</b>		ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN							
<b>DIMENSIONES Y PESO DE TEJA CERÁMICA</b>									
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	Peso I (g)	Longitud L (cm)	Ancho A (cm)	Ancho C (cm)	Flecha de curvatura D (cm)	Flecha de curvatura E (cm)	Espesor "e" (cm)	Peso Seco (g)	
A11	1	1577.9	42.5	18.5	15.5	3.8	3.7	1.11	1575.1
	2	1622.7	42.5	18.7	16.0	4.0	3.0	1.08	1620.5
	3	1575.6	42.2	19.3	16.3	3.7	3.3	1.11	1572.9
	4	1597.2	42.2	18.7	16.3	4.0	3.0	1.07	1594.9
	5	1599.6	42.2	19.0	16.2	4.0	3.5	1.05	1596.8
A12	1	1682.2	41.5	18.7	16.1	4.0	3.6	1.12	1681.4
	2	1583.4	41.5	18.8	16.0	4.2	3.6	1.07	1582.5
	3	1636.4	41.5	18.5	16.0	4.4	3.4	1.06	1635.3
	4	1644.0	41.5	19.2	15.7	4.1	3.7	1.06	1643.1
	5	1549.3	41.2	18.5	15.5	4.5	3.6	1.04	1548.6
A13	1	1606.9	42.0	17.7	15.0	4.2	3.7	1.11	1604.2
	2	1624.9	41.8	17.8	14.8	4.2	3.4	1.20	1621.8
	3	1621.7	41.5	17.5	15.4	4.2	3.3	1.20	1618.7
	4	1576.8	42.0	18.3	15.2	4.6	3.7	1.20	1573.9
	5	1632.9	41.7	17.5	15.0	4.1	3.6	1.15	1629.9
A14	1	1621.6	42.3	18.3	15.1	3.8	3.7	1.14	1619.5
	2	1624.8	42.0	17.8	15.0	4.0	3.6	1.15	1622.1
	3	1539.8	42.5	17.8	15.0	4.1	3.4	1.12	1537.4
	4	1493.3	42.4	18.0	15.5	4.3	3.3	1.10	1490.5
	5	1555.8	42.0	17.8	15.5	4.1	3.9	1.16	1552.9
A15	1	1622.5	43.0	18.5	15.4	4.0	3.6	1.00	1620.0
	2	1633.8	42.9	18.6	15.2	4.0	3.7	1.00	1631.3
	3	1652.9	42.6	18.0	14.8	4.4	3.7	1.00	1650.3
	4	1608.2	42.9	18.7	15.2	4.3	3.7	1.00	1605.9
	5	1638.8	42.5	18.6	15.0	4.2	3.8	1.00	1636.1

Fuente: Propia

Tabla 54: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde A16 hasta A20.

<div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>									
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b> "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA - CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"									
<b>TOMA DE DATOS</b>									
<b>ENSAYO:</b>	VARIABILIDAD DIMENSIONAL								
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 986 (1984)								
<b>TIPO DE TEJA:</b>	ARTESANAL								
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC								
<b>FECHA:</b>	4-6-10-11/12/2018								
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA								
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN								
<b>DIMENSIONES Y PESO DE TEJA CERÁMICA</b>									
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	Peso I (g)	Longitud L (cm)	Ancho A (cm)	Ancho C (cm)	Flecha de curvatura D (cm)	Flecha de curvatura E (cm)	Espesor "e" (cm)	Peso Seco (g)	
A16	1	1572.4	42.8	18.8	15.5	3.8	3.5	1.00	1570.2
	2	1622.0	42.6	19.4	15.6	3.5	3.5	1.00	1619.5
	3	1584.0	42.4	19.3	15.8	3.5	3.4	1.00	1581.4
	4	1584.6	42.4	19.0	15.8	3.7	3.6	1.00	1581.9
	5	1576.5	42.8	18.3	15.5	3.9	3.8	1.00	1573.8
A17	1	1469.1	41.8	19.0	16.3	3.9	3.7	1.10	1468.1
	2	1524.7	41.8	18.4	15.8	4.6	3.9	1.16	1523.8
	3	1547.6	41.6	18.5	15.2	4.7	3.7	1.10	1546.7
	4	1495.1	41.9	18.5	15.2	4.3	3.8	1.14	1494.3
	5	1504.5	41.8	18.8	15.0	4.3	3.6	1.16	1503.4
A18	1	1405.6	41.8	17.7	15.0	4.6	3.8	1.10	1404.7
	2	1368.8	41.5	18.4	15.2	4.0	3.8	1.10	1368.1
	3	1435.3	41.8	17.7	15.6	4.5	3.8	1.14	1434.2
	4	1426.1	41.7	17.7	15.2	4.7	4.0	1.14	1425.2
	5	1442.8	41.5	18.1	15.2	4.0	3.8	1.20	1441.7
A19	1	1706.9	41.6	18.5	16.0	3.8	3.8	1.13	1706.0
	2	1611.8	41.8	18.3	15.7	4.0	3.7	1.16	1610.8
	3	1564.7	41.4	18.2	16.0	4.0	3.6	1.16	1563.6
	4	1589.1	41.5	18.4	15.4	3.9	3.8	1.20	1588.2
	5	1521.2	41.8	18.6	15.5	4.0	3.7	1.12	1520.1
A20	1	1547.4	41.7	18.8	15.6	3.9	3.2	1.10	1546.5
	2	1558.6	41.8	18.8	15.2	3.8	3.3	1.10	1557.7
	3	1585.2	41.8	18.9	15.3	3.7	3.3	1.05	1584.5
	4	1523.7	41.9	18.8	15.5	4.0	3.0	1.08	1523.0
	5	1513.9	42.0	19.0	15.4	4.1	3.3	1.10	1512.9

Fuente: Propia

Tabla 55: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde M1 hasta M5.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>							
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>							
<b>TOMA DE DATOS</b>									
<b>ENSAYO:</b>		VARIABILIDAD DIMENSIONAL							
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 986 (1984)							
<b>TIPO DE TEJA:</b>		MECANIZADA							
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE UAC							
<b>FECHA:</b>		13-14-16/11/2018							
<b>TESISTA:</b>		BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA							
<b>ASESOR:</b>		ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN							
<b>DIMENSIONES Y PESO DE TEJA CERÁMICA</b>									
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA		Peso I (g)	Longitud L (cm)	Ancho A (cm)	Ancho C (cm)	Flecha de curvatura D (cm)	Flecha de curvatura E (cm)	Espesor "e" (cm)	Peso Seco (g)
M1	1	1570.8	42.3	18.5	16.0	5.0	4.0	1.03	1570.0
	2	1575.9	42.5	18.6	16.2	4.9	3.7	1.00	1575.0
	3	1576.0	42.5	19.0	16.3	4.8	3.8	1.00	1575.0
	4	1581.0	42.5	18.2	16.1	4.9	3.9	1.00	1580.0
	5	1570.7	42.5	18.6	15.8	4.6	4.1	1.00	1570.0
M2	1	1425.8	42.4	18.3	16.3	4.4	3.6	1.00	1425.0
	2	1426.0	42.4	18.6	16.1	4.2	3.6	1.00	1425.0
	3	1410.7	42.3	18.3	16.1	4.5	3.7	1.00	1410.0
	4	1440.8	42.5	18.5	16.3	4.2	3.5	1.00	1440.0
	5	1430.8	42.5	18.5	16.3	4.2	3.4	1.00	1430.0
M3	1	1531.7	42.2	18.3	15.1	4.3	3.7	1.05	1530.0
	2	1511.4	42.0	18.8	15.4	4.1	3.8	1.05	1510.0
	3	1526.5	42.2	18.4	15.1	4.4	3.8	1.05	1525.0
	4	1531.8	42.3	18.7	15.7	3.7	3.3	1.05	1530.0
	5	1501.3	42.2	18.3	15.1	4.4	3.6	1.05	1500.0
M4	1	1586.4	42.2	18.4	15.4	4.8	3.8	1.05	1585.0
	2	1561.5	42.4	18.5	15.8	4.8	3.3	1.05	1560.0
	3	1566.4	41.9	18.5	15.8	4.4	3.4	1.00	1565.0
	4	1451.3	42.2	18.5	15.4	4.6	3.8	1.00	1450.0
	5	1556.6	42.4	18.3	15.2	4.6	3.6	1.00	1555.0
M5	1	1481.0	42.0	18.5	16.0	4.0	3.5	1.05	1480.0
	2	1486.3	42.0	18.3	15.8	4.0	3.5	1.05	1485.0
	3	1486.1	42.0	18.5	16.0	3.8	3.5	1.05	1485.0
	4	1506.3	42.2	18.2	16.3	3.7	3.6	1.05	1505.0
	5	1491.1	42.0	18.6	16.0	4.0	3.5	1.05	1490.0

Fuente: Propia



Tabla 56: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde M6 hasta M10.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>							
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>							
<b>TOMA DE DATOS</b>									
<b>ENSAYO:</b>		VARIABILIDAD DIMENSIONAL							
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 986 (1984)							
<b>TIPO DE TEJA:</b>		MECANIZADA							
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE UAC							
<b>FECHA:</b>		16-22-23/11/2018							
<b>TESISTA:</b>		BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA							
<b>ASESOR:</b>		ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN							
<b>DIMENSIONES Y PESO DE TEJA CERÁMICA</b>									
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	Peso I (g)	Longitud L (cm)	Ancho A (cm)	Ancho C (cm)	Flecha de curvatura D (cm)	Flecha de curvatura E (cm)	Espesor "e" (cm)	Peso Seco (g)	
M6	1	1507.5	42.3	18.5	15.7	4.7	3.0	1.05	1505.0
	2	1517.6	42.3	18.7	15.5	4.4	3.8	1.05	1515.0
	3	1512.4	42.0	18.6	15.5	4.5	3.2	1.05	1510.0
	4	1522.4	42.0	18.6	15.6	4.5	3.3	1.05	1520.0
	5	1527.3	42.0	18.4	15.6	4.5	3.0	1.05	1525.0
M7	1	1830.1	42.4	19.2	16.2	4.6	3.6	1.30	1827.1
	2	1852.2	42.2	19.2	16.2	4.6	3.5	1.30	1849.1
	3	1820.1	42.5	19.0	16.2	4.4	3.5	1.28	1817.2
	4	1770.2	42.3	19.4	16.3	4.4	3.4	1.28	1767.4
	5	1799.9	42.5	19.0	16.2	4.4	3.4	1.25	1796.8
M8	1	1600.0	42.5	18.0	15.0	4.2	3.3	1.26	1597.1
	2	1609.9	42.6	18.5	15.4	4.2	2.7	1.24	1606.9
	3	1622.1	42.6	18.3	15.2	4.3	3.3	1.20	1619.0
	4	1630.2	42.6	18.4	15.0	4.2	3.3	1.22	1627.1
	5	1625.7	42.3	18.3	15.3	4.5	3.4	1.24	1622.8
M9	1	1432.1	42.4	18.3	15.3	4.2	3.0	1.08	1430.8
	2	1440.1	42.3	18.0	15.3	4.3	2.9	1.04	1438.9
	3	1410.1	42.0	17.5	15.5	4.0	3.0	1.04	1408.6
	4	1405.2	42.0	18.0	15.1	4.2	2.9	1.04	1404.0
	5	1433.6	42.3	18.0	15.0	3.8	3.2	1.05	1432.1
M10	1	1308.1	41.8	18.3	15.5	4.4	3.4	0.94	1306.3
	2	1329.9	41.9	18.1	15.8	4.5	3.7	0.96	1328.2
	3	1321.4	41.7	18.4	15.6	4.3	3.7	0.96	1319.7
	4	1527.8	42.0	18.8	15.8	4.1	3.6	1.10	1526.3
	5	1526.9	41.8	18.6	15.8	4.0	3.7	1.10	1525.2

Fuente: Propia

Tabla 57: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde M11 hasta M15.

<div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>									
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b> "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"									
<b>TOMA DE DATOS</b>									
<b>ENSAYO:</b>	VARIABILIDAD DIMENSIONAL								
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 986 (1984)								
<b>TIPO DE TEJA:</b>	MECANIZADA								
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC								
<b>FECHA:</b>	24-30/11/2018 y 1/12/2018								
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA								
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN								
<b>DIMENSIONES Y PESO DE TEJA CERÁMICA</b>									
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	Peso I (g)	Longitud L (cm)	Ancho A (cm)	Ancho C (cm)	Flecha de curvatura D (cm)	Flecha de curvatura E (cm)	Espesor "e" (cm)	Peso Seco (g)	
M11	1	1429.3	41.6	18.5	15.5	4.5	4.0	1.00	1429.3
	2	1441.6	41.6	18.3	15.5	4.8	3.8	1.00	1441.6
	3	1460.3	41.4	18.0	15.5	5.0	4.1	1.00	1460.3
	4	1452.3	41.5	18.0	15.5	5.0	4.3	1.00	1452.3
	5	1435.3	41.8	18.2	15.5	4.7	4.0	1.00	1435.3
M12	1	1536.7	43.5	18.0	15.3	4.5	3.3	1.06	1535.5
	2	1518.7	43.4	18.2	15.8	4.3	3.0	1.04	1517.6
	3	1526.5	43.0	18.5	15.4	4.3	3.3	1.04	1525.4
	4	1543.9	43.4	18.2	15.7	4.5	3.4	1.04	1542.6
	5	1513.3	43.1	18.0	15.5	4.5	3.2	1.04	1512.1
M13	1	1499.0	42.8	18.0	15.4	4.7	3.4	1.00	1498.2
	2	1493.2	42.8	17.9	15.5	4.8	3.4	1.00	1492.5
	3	1525.0	42.9	17.5	15.7	5.0	3.5	1.00	1524.1
	4	1523.1	42.8	17.8	15.5	4.7	3.5	1.00	1522.2
	5	1522.3	42.8	17.5	15.3	5.0	3.6	1.00	1521.5
M14	1	1488.7	41.5	18.6	16.9	4.2	3.5	1.03	1487.7
	2	1505.4	41.8	18.5	16.1	4.2	3.2	1.03	1504.6
	3	1489.2	41.6	18.6	15.7	4.1	3.4	1.02	1488.3
	4	1496.1	41.5	18.6	15.9	4.0	3.3	1.06	1495.2
	5	1493.8	41.8	18.5	15.5	4.2	3.4	1.04	1492.7
M15	1	1500.1	43.0	18.8	15.9	3.8	3.1	1.05	1498.8
	2	1502.2	43.2	19.0	16.0	3.6	2.8	1.04	1501.0
	3	1529.9	43.0	19.0	16.2	4.1	2.7	1.05	1528.4
	4	1531.5	43.0	18.6	16.0	4.1	2.7	1.04	1530.4
	5	1504.9	43.0	19.0	16.2	3.9	2.8	1.05	1503.7

Fuente: Propia

Tabla 58: Ensayo de variabilidad dimensional de muestras desde M16 hasta M20.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>									
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA –CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”								
<b>TOMA DE DATOS</b>									
<b>ENSAYO:</b>	VARIABILIDAD DIMENSIONAL								
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 986 (1984)								
<b>TIPO DE TEJA:</b>	MECANIZADA								
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC								
<b>FECHA:</b>	1-3-5/12/2018								
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA								
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN								
<b>DIMENSIONES Y PESO DE TEJA CERÁMICA</b>									
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	Peso I (g)	Longitud L (cm)	Ancho A (cm)	Ancho C (cm)	Flecha de curvatura D (cm)	Flecha de curvatura E (cm)	Espesor "e" (cm)	Peso Seco (g)	
M16	1	1329.5	42.2	18.4	15.4	4.1	2.7	1.00	1328.5
	2	1331.4	42.3	18.3	15.3	4.0	2.9	0.90	1330.7
	3	1333.9	42.3	18.2	15.3	4.3	2.7	0.90	1333.1
	4	1318.0	42.2	18.5	15.2	3.9	2.8	1.00	1317.0
	5	1329.4	42.3	18.7	15.4	4.0	2.7	1.01	1328.4
M17	1	1512.5	42.0	18.8	15.6	3.9	3.6	1.04	1511.2
	2	1518.5	42.0	18.4	15.7	4.0	3.7	1.05	1517.3
	3	1524.4	42.2	18.3	15.7	4.3	3.6	1.02	1523.1
	4	1514.0	42.0	18.7	15.8	4.2	3.4	1.02	1512.8
	5	1514.0	41.9	18.4	15.5	4.4	3.8	1.02	1512.7
M18	1	1659.7	42.8	19.0	16.1	4.2	3.4	1.15	1659.0
	2	1636.0	42.4	19.0	16.3	4.3	3.3	1.13	1635.1
	3	1650.5	42.8	19.0	16.2	4.2	3.3	1.14	1649.5
	4	1629.9	42.8	18.8	16.1	4.0	3.2	1.12	1629.0
	5	1630.0	42.8	19.0	16.0	3.9	3.3	1.16	1629.2
M19	1	1325.4	41.8	17.8	15.1	4.6	3.4	1.00	1324.5
	2	1317.2	41.9	18.4	15.3	4.3	3.4	1.00	1316.2
	3	1317.8	42.0	18.0	15.1	4.5	3.6	1.00	1317.0
	4	1315.2	41.8	18.1	15.4	4.4	3.4	1.00	1314.5
	5	1322.4	41.8	18.2	15.3	4.4	3.4	1.00	1321.4
M20	1	1561.9	41.9	18.1	15.5	4.2	3.5	1.08	1559.3
	2	1585.5	42.2	18.8	15.7	4.0	3.3	1.10	1582.6
	3	1569.4	42.0	18.5	15.8	4.1	3.3	1.10	1567.1
	4	1566.5	42.1	18.5	15.5	4.2	3.4	1.10	1564.3
	5	1562.7	42.2	18.4	15.5	4.3	3.3	1.12	1559.7

Fuente: Propia

Tabla 59: Ensayo de variabilidad dimensional de la muestra M21.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>								
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>								
<b>TOMA DE DATOS</b>									
<b>ENSAYO:</b>	VARIABILIDAD DIMENSIONAL								
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 986 (1984)								
<b>TIPO DE TEJA:</b>	MECANIZADA								
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC								
<b>FECHA:</b>	10/12/2018								
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA								
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN								
<b>DIMENSIONES Y PESO DE TEJA CERÁMICA</b>									
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	Peso I (g)	Longitud L (cm)	Ancho A (cm)	Ancho C (cm)	Flecha de curvatura D (cm)	Flecha de curvatura E (cm)	Espesor "e" (cm)	Peso Seco (g)	
M21	1	1334.5	41.7	18.3	15	3.7	3.3	1	1333.1
	2	1374.8	41.9	18.4	15.1	3.7	3.3	1	1373.4
	3	1380.8	42.1	18.3	15	3.6	3.3	1	1379.5
	4	1367.6	42.1	18	15.2	3.7	3.4	1	1366.4
	5	1372.8	42.1	18	15.1	3.9	3.3	1	1371.3

Fuente: Propia



### 3.5.2.2. *Ensayo de determinación de la resistencia a la flexión de tejas cerámicas.*

#### 3.5.2.2.1. *Materiales y equipos.*

- Yeso tamizado en una malla de plástico con aberturas cuadradas similar al tamiz N° 10, porque el yeso comercial contiene partículas de hasta 4 mm de diámetro que dificulta la nivelación de la capa delgada sobre el lomo de la teja cerámica.
- Agua común.
- Horno de secado 110 - 115 °C.
- Prensa de carga motorizada CBR marca Control's de 50 KN equipada con unidad de procesamiento y lectura táctil.
- Piezas metálicas de acero de carga y soporte, la pieza de soporte está compuesta por dos varillas cilíndricas lisas paralelas de ½" de diámetro separadas entre sí en una longitud de 30 cm, fijados por soldadura sobre una plancha de acero de forma rectangular de ¼" x 45 x 25 cm.

La pieza plana de acero para la carga tiene una forma cuadrada de 12 x 12 cm de un espesor de ¼", que se utiliza para distribuir la carga aplicada sobre la capa de yeso de forma uniforme.

- Badilejo
- Espátula
- Nivel de mano
- Recipientes metálicos
- Franela para limpieza de badilejo y espátula.

#### 3.5.2.2.2. *Procedimiento.*

- Las tejas cerámicas secadas en horno por 24 horas se deja enfriar a temperatura ambiente para registrar el peso seco de la teja cerámica.
- Se prepara una porción aproximada de 70 - 100 gramos de yeso cernido con agua en un recipiente metálico para aplicar sobre 2 tejas cerámicas, debido a su fraguado rápido sobre la teja cerámica seca.
- Utilizar espátula para colocar una porción de yeso hidratado en la parte central convexa de la teja cerámica, se extiende con el filo de la espátula hasta más allá de la superficie de 6 x 6 cm trazada con lápiz, para inmediatamente utilizar un badilejo con un nivel de mano sobre este, para nivelar primero en la dirección longitudinal ejerciendo presión sobre el badilejo hasta que este nivelado en este sentido, para luego rápidamente nivelar



en la dirección transversal para que quede perfectamente horizontal la capa de yeso sobre la teja cerámica. Luego aplicar la mezcla de yeso sobre la segunda teja cerámica siguiendo los mismos pasos mencionados líneas arriba.



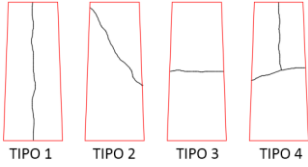
- Luego de aplicar la capa delgada de yeso hidratado debidamente nivelado sobre el lomo de la teja cerámica se procede a cortar la capa plana de yeso que excede la superficie de 6 x 6 cm con el filo de la espátula o badilejo, teniéndose como guías de corte las prolongaciones de las líneas trazadas con lápiz sobre la parte central convexa de la teja cerámica.
- Las tejas cerámicas preparadas con capa plana de yeso se proceden a secar en horno por 24 horas aproximadamente. Dentro del horno es necesario acomodar las tejas cerámicas para tener cuidado especial de no dañar la capa de yeso aplicado.
- Al día siguiente se deja enfriar a temperatura ambiente las tejas cerámicas secadas con capa plana de yeso para la aplicación de carga vertical.
- Colocar la teja cerámica con el lomo hacia arriba centrada sobre los soportes de barras cilíndricas ubicada dentro de la prensa de carga motorizada CBR. Para ello es necesario utilizar una pieza plana de acero entre el pistón circular de la prensa y la capa plana de yeso preparada sobre la teja para distribuir la carga uniformemente sobre la capa de yeso preparada sobre la teja cerámica.
- En la unidad de procesamiento y lectura táctil de la prensa se procede a ajustar en cero la lectura de carga de forma manual ajustando y bloqueando las tuercas sobre la viga de acero transversal superior que esta sujeta por dos columnas metálicas maquinadas.
- Iniciar la aplicación de carga progresiva sobre la teja cerámica, registrar también el tiempo con un cronometro.
- Al fallar la teja cerámica la unidad de procesamiento y lectura muestra digitalmente la carga de rotura en unidades de kilo Newtons para su registro correspondiente; asimismo se registra el tiempo que demora en fallar la teja cerámica en el cronometro.
- Retirar la teja cerámica ensayada de la prensa para ubicarlo en la mesa de trabajo para registrar la forma de rotura que presenta la teja cerámica al fallar.

	<p>Preparar una mezcla de yeso con agua en un recipiente metálico para formar una capa plana delgada de yeso sobre el lomo o la parte convexa de la teja cerámica, que se trazó a lápiz con antelación.</p>
<p>Colocar la mezcla preparada sobre en la parte central del lomo de la teja cerámica con una espátula, luego de ello nivelar la superficie plana de yeso con un badilejo y nivel de mano sobre este, finalmente cortar partes de la mezcla que exceden la superficie 6 x 6 cm trazada con lápiz.</p>	
	<p>Secar en horno la teja cerámica preparada con una capa plana delgada de yeso por 24 horas a temperaturas de 110 °C a 115 °C.</p>
<p>Enfriar la teja cerámica secada en horno a temperatura ambiente para aplicar una carga vertical progresiva hasta su rotura y registrar la carga de rotura en kilo Newtons que indica la unidad de procesamiento de la máquina.</p>	
	<p>Retirar la teja cerámica ensayada de la prensa de carga motorizada y acomodar sobre la mesa de trabajo para registrar el tipo de rotura que presenta la teja cerámica al fallar.</p>

Figura 42: Procedimiento para realizar el ensayo de resistencia a flexión de tejas cerámicas.  
Fuente: Propia del autor.

3.5.2.2.3. Toma de datos.

Tabla 60: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras A1 hasta A5.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”			
<b>TOMA DE DATOS</b>					
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN				
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 988 (1984)				
<b>TIPO DE TEJA:</b>	ARTESANAL				
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC				
<b>FECHA:</b>	20-21-22/11/2018				
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA				
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN				
					
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE TEJA CERÁMICA</b>					
Identificación de Muestra		Carga de Rotura (KN)	Tiempo (s)	Forma de Rotura (Tipo)	
A1	A1-1	1.304	67	2	
	A1-2	1.512	70	2	
	A1-3	1.434	79	2	
	A1-4	1.439	69	2	
	A1-5	1.269	54	2	
A2	A2-1	0.713	42	3	
	A2-2	1.211	58	3	
	A2-3	1.159	60	2	
	A2-4	0.910	51	3	
	A2-5	0.783	43	3	
A3	A3-1	1.246	64	3	
	A3-2	1.306	72	3	
	A3-3	1.370	61	2	
	A3-4	1.654	79	2	
	A3-5	1.260	62	3	
A4	A4-1	1.151	63	3	
	A4-2	1.272	59	2	
	A4-3	1.425	69	3	
	A4-4	1.134	60	2	
	A4-5	0.987	48	3	
A5	A5-1	0.815	46	2	
	A5-2	0.915	50	2	
	A5-3	1.339	71	2	
	A5-4	1.535	71	4	
	A5-5	0.969	47	2	

Fuente: Propia



Tabla 61: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras A6 hasta A10.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”		
<b>TOMA DE DATOS</b>				
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 988 (1984)			
<b>TIPO DE TEJA:</b>	ARTESANAL			
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC			
<b>FECHA:</b>	22-27-28/11/2018			
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE TEJA CERÁMICA</b>				
Identificación de Muestra	Carga de Rotura (KN)		Tiempo (s)	Forma de Rotura (Tipo)
A6	A6-1	1.105	57	2
	A6-2	1.057	52	2
	A6-3	0.600	38	2
	A6-4	1.250	69	3
	A6-5	1.501	62	2
A7	A7-1	1.615	74	3
	A7-2	1.283	68	2
	A7-3	1.381	69	3
	A7-4	1.533	70	2
	A7-5	1.085	49	3
A8	A8-1	2.184	92	3
	A8-2	1.223	61	2
	A8-3	1.434	72	3
	A8-4	2.089	94	2
	A8-5	1.563	74	3
A9	A9-1	1.392	72	2
	A9-2	1.301	71	2
	A9-3	1.662	60	3
	A9-4	1.623	74	2
	A9-5	1.636	68	2
A10	A10-1	1.454	68	2
	A10-2	1.530	74	2
	A10-3	1.083	58	2
	A10-4	1.488	74	3
	A10-5	1.569	66	1



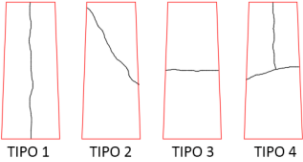
Fuente: Propia

Tabla 62: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras A11 hasta A15.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 988 (1984)			
<b>TIPO DE TEJA:</b>	ARTESANAL			
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC			
<b>FECHA:</b>	29-30/11/2018 y 5/12/2018			
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE TEJA CERÁMICA</b>				
Identificación de Muestra	Carga de Rotura (KN)	Tiempo (s)	Forma de Rotura (Tipo)	
A11	A11-1	0.975	48	2
	A11-2	1.065	55	2
	A11-3	0.942	52	2
	A11-4	1.022	49	2
	A11-5	0.712	43	2
A12	A12-1	0.767	54	2
	A12-2	1.072	61	2
	A12-3	1.358	63	2
	A12-4	0.853	45	2
	A12-5	0.798	42	2
A13	A13-1	1.810	89	3
	A13-2	1.647	74	2
	A13-3	1.706	88	3
	A13-4	1.453	69	3
	A13-5	1.121	49	3
A14	A14-1	1.367	67	2
	A14-2	1.153	62	2
	A14-3	1.489	86	2
	A14-4	0.619	42	2
	A14-5	1.463	60	2
A15	A15-1	0.985	51	2
	A15-2	0.991	50	3
	A15-3	0.979	54	3
	A15-4	0.990	49	3
	A15-5	1.010	59	3



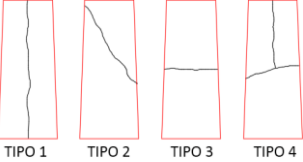
Fuente: Propia

Tabla 63: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras A16 hasta A20.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>			
<b>TOMA DE DATOS</b>					
<b>ENSAYO:</b>		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 988 (1984)			
<b>TIPO DE TEJA:</b>		ARTESANAL			
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE UAC			
<b>FECHA:</b>		5-7-11-12/12/2018			
<b>TESISTA:</b>		BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
<b>ASESOR:</b>		ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
					
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE TEJA CERÁMICA</b>					
Identificación de Muestra		Carga de Rotura (KN)	Tiempo (s)	Forma de Rotura (Tipo)	
A16	A16-1	0.982	46	2	
	A16-2	1.049	58	2	
	A16-3	0.983	53	2	
	A16-4	1.032	56	2	
	A16-5	1.459	65	2	
A17	A17-1	1.256	82	2	
	A17-2	1.519	80	1	
	A17-3	1.013	70	2	
	A17-4	0.839	50	2	
	A17-5	1.401	66	1	
A18	A18-1	1.071	60	3	
	A18-2	0.829	48	3	
	A18-3	1.029	68	2	
	A18-4	1.438	65	3	
	A18-5	1.466	70	2	
A19	A19-1	2.319	101	2	
	A19-2	2.447	85	3	
	A19-3	1.048	63	2	
	A19-4	1.948	87	2	
	A19-5	0.867	56	2	
A20	A20-1	2.224	121	3	
	A20-2	1.980	80	3	
	A20-3	2.047	100	2	
	A20-4	1.422	70	3	
	A20-5	1.086	60	2	



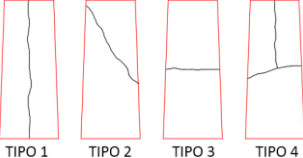
Fuente: Propia

Tabla 64: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras M1 hasta M5.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>			
<b>TOMA DE DATOS</b>					
<b>ENSAYO:</b>		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 988 (1984)			
<b>TIPO DE TEJA:</b>		MECANIZADA			
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE UAC			
<b>FECHA:</b>		21/11/2018			
<b>TESISTA:</b>		BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
<b>ASESOR:</b>		ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
					
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE TEJA CERÁMICA</b>					
Identificación de Muestra		Carga de Rotura (KN)		Tiempo (s)	Forma de Rotura (Tipo)
M1	M1-1	1.395		68	2
	M1-2	1.486		60	2
	M1-3	1.440		74	2
	M1-4	1.335		65	2
	M1-5	1.778		80	2
M2	M2-1	1.540		69	2
	M2-2	1.666		83	3
	M2-3	1.893		92	3
	M2-4	1.876		77	2
	M2-5	1.848		94	2
M3	M3-1	1.262		62	2
	M3-2	1.326		65	2
	M3-3	1.270		61	2
	M3-4	1.310		71	2
	M3-5	1.314		59	2
M4	M4-1	2.232		108	2
	M4-2	1.999		98	2
	M4-3	2.039		97	2
	M4-4	1.796		70	2
	M4-5	1.635		68	3
M5	M5-1	1.034		49	2
	M5-2	1.010		44	3
	M5-3	1.457		62	2
	M5-4	0.914		43	3
	M5-5	1.126		61	2



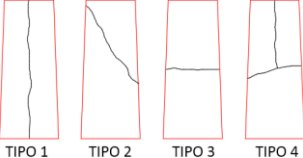
Fuente: Propia

Tabla 65: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras M6 hasta M10.

 <p><b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b></p> 				
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 988 (1984)			
<b>TIPO DE TEJA:</b>	MECANIZADA			
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC			
<b>FECHA:</b>	21-23-24/11/2018			
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
 <p>TIPO 1    TIPO 2    TIPO 3    TIPO 4</p>				
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE TEJA CERÁMICA</b>				
Identificación de Muestra	Carga de Rotura (KN)	Tiempo (s)	Forma de Rotura (Tipo)	
M6	M6-1	1.502	67	3
	M6-2	1.920	79	3
	M6-3	2.169	87	3
	M6-4	1.660	73	3
	M6-5	1.660	78	2
M7	M7-1	1.530	70	2
	M7-2	1.249	68	2
	M7-3	2.335	102	3
	M7-4	1.981	82	2
	M7-5	1.807	81	2
M8	M8-1	0.970	45	2
	M8-2	0.950	46	2
	M8-3	1.593	63	2
	M8-4	0.967	49	2
	M8-5	0.805	44	2
M9	M9-1	1.463	70	2
	M9-2	0.869	44	2
	M9-3	0.878	42	3
	M9-4	0.810	45	3
	M9-5	1.185	52	2
M10	M10-1	1.259	57	2
	M10-2	1.039	51	2
	M10-3	1.644	66	2
	M10-4	1.223	60	2
	M10-5	1.226	58	2



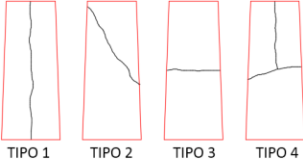
Fuente: Propia

Tabla 66: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras M11 hasta M15.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>		
<b>TOMA DE DATOS</b>				
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 988 (1984)			
<b>TIPO DE TEJA:</b>	MECANIZADA			
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC			
<b>FECHA:</b>	26/11/2018 y 1-3/12/2018			
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
				
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE TEJA CERÁMICA</b>				
Identificación de Muestra	Carga de Rotura (KN)		Tiempo (s)	Forma de Rotura (Tipo)
M11	M11-1	2.077	81	3
	M11-2	2.180	86	1
	M11-3	2.434	87	3
	M11-4	1.549	71	2
	M11-5	1.497	73	2
M12	M12-1	1.549	71	2
	M12-2	1.681	70	2
	M12-3	1.671	63	2
	M12-4	1.643	74	2
	M12-5	1.431	62	2
M13	M13-1	2.441	93	4
	M13-2	1.147	61	2
	M13-3	2.563	102	2
	M13-4	2.177	81	2
	M13-5	0.926	49	2
M14	M14-1	1.954	76	2
	M14-2	1.722	67	2
	M14-3	1.901	81	2
	M14-4	1.607	78	3
	M14-5	2.118	83	3
M15	M15-1	1.544	70	2
	M15-2	1.667	72	2
	M15-3	1.564	68	2
	M15-4	1.492	69	2
	M15-5	1.809	65	2



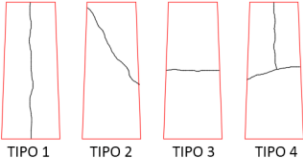
Fuente: Propia

Tabla 67: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de las muestras M16 hasta M20.

 <p><b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b></p> 				
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 988 (1984)			
<b>TIPO DE TEJA:</b>	MECANIZADA			
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC			
<b>FECHA:</b>	3-4-6/12/2018			
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
 <p>TIPO 1    TIPO 2    TIPO 3    TIPO 4</p>				
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE TEJA CERÁMICA</b>				
Identificación de Muestra	Carga de Rotura		Tiempo	Forma de Rotura
	(KN)		(s)	(Tipo)
M16	M16-1	1.549	68	2
	M16-2	1.010	55	3
	M16-3	1.385	62	2
	M16-4	1.363	67	2
	M16-5	1.393	60	2
M17	M17-1	2.111	82	2
	M17-2	1.382	63	2
	M17-3	1.255	67	2
	M17-4	2.101	85	2
	M17-5	2.375	83	3
M18	M18-1	1.924	81	3
	M18-2	1.330	67	2
	M18-3	1.256	68	3
	M18-4	1.685	61	2
	M18-5	1.577	72	3
M19	M19-1	1.659	68	2
	M19-2	1.632	70	2
	M19-3	1.425	65	2
	M19-4	1.553	63	2
	M19-5	1.420	66	2
M20	M20-1	1.559	68	3
	M20-2	1.766	72	2
	M20-3	1.178	57	2
	M20-4	1.963	103	2
	M20-5	1.211	58	2

Fuente: Propia

Tabla 68: Toma de datos en ensayo de resistencia a la flexión de la muestra M21.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>			
<b>TOMA DE DATOS</b>					
<b>ENSAYO:</b>		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 988 (1984)			
<b>TIPO DE TEJA:</b>		MECANIZADA			
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE UAC			
<b>FECHA:</b>		11/12/2018			
<b>TESISTA:</b>		BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
<b>ASESOR:</b>		ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
					
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE TEJA CERÁMICA</b>					
Identificación de Muestra		Carga de Rotura (KN)	Tiempo (s)	Forma de Rotura (Tipo)	
M21	M21-1	1.486	78	2	
	M21-2	1.336	50	3	
	M21-3	1.089	60	2	
	M21-4	1.070	73	2	
	M21-5	1.040	74	2	

Fuente: Propia





### ***3.5.2.3. Ensayo de determinación de la absorción de agua.***

#### ***3.5.2.3.1. Materiales y equipos.***

- Agua de lluvia
- Horno de secado 110 °C
- Balanza de precisión 0.01 g.
- Cocina a gas
- Olla metálica de 25 litros
- Franela
- Plumón indeleble
- Cronometro
- Formato de toma de datos

#### ***3.5.2.3.2. Procedimiento.***

- Las tejas cerámicas llevadas hasta su falla (rotura) en la determinación de la resistencia a la flexión, se utilizan en el ensayo de determinación de la absorción de agua de las tejas cerámicas.
- Las tejas cerámicas secas y rotas se fragmentan para obtener 3 piezas representativas de la teja cerámica entera, los fragmentos deben tener pesos no menores de 250 gramos acorde a la norma NTE INEN 989. Estas tres piezas se identifican con plumón indeleble.
- Registrar los pesos secos de cada una de las piezas representativas de la teja cerámica entera, que ha sido debidamente identificada en una balanza de precisión.
- Depositar los fragmentos de las tejas cerámicas en la olla con contenido de agua de lluvia. Calentar el agua de lluvia para elevar su temperatura hasta su ebullición por medio de una cocina a gas, y mantener en ebullición durante un lapso de una hora, luego dejar enfriar hasta la temperatura ambiente.
- Registrar el peso saturado de los fragmentos de las tejas cerámicas empleando tiempos menores de 1 minuto para cada fragmento, para ello es necesario pasar con franela húmeda la parte inferior del fragmento escurrido; puesto que se forma gotas de agua en esta parte del fragmento de la teja cerámica.





Figura 43: Procedimiento para realizar el ensayo de absorción de agua de la tejas cerámicas.

Fuente: Propia del autor.



3.5.2.3.3. Toma de datos.

Tabla 69: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras A1 hasta A6.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”					
TOMA DE DATOS							
ENSAYO:		DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA					
NORMA:		NTE INEN 989 (1984)					
TIPO DE TEJA:		ARTESANAL					
LUGAR:		LABORATORIO DE UAC					
FECHA:		16-19-22/11/2018					
TESISTA:		BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA					
ASESOR:		ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN					
ABSORCIÓN DE AGUA DE TEJA CERÁMICA							
Identificación de Muestra		Peso Seco (g)			Peso Saturado (g)		
		Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3
A1	1	293.80	292.10	259.40	336.91	335.92	299.41
	2	314.90	286.50	264.30	362.39	329.92	304.09
	3	319.10	280.50	272.90	366.26	322.00	313.64
	4	344.50	268.00	266.50	395.48	307.71	305.71
	5	374.90	311.00	273.40	430.91	356.01	313.42
A2	1	276.70	260.50	256.50	321.20	302.43	299.01
	2	298.60	271.10	262.20	347.68	311.00	304.98
	3	289.00	268.40	255.30	336.41	312.85	296.92
	4	350.90	289.20	271.30	407.79	336.38	315.00
	5	298.30	267.70	267.20	347.00	311.61	311.42
A3	1	300.20	293.30	285.30	345.40	338.20	328.40
	2	292.40	258.30	256.70	336.90	298.20	296.20
	3	311.20	303.10	256.30	357.20	348.50	294.40
	4	336.20	293.90	290.60	385.60	337.10	334.00
	5	299.10	296.60	265.90	345.10	341.90	306.80
A4	1	332.10	279.30	269.20	382.60	321.20	308.50
	2	326.30	282.80	253.30	373.50	324.40	290.40
	3	314.80	307.20	302.80	360.60	352.10	346.60
	4	329.60	316.00	297.40	378.60	362.80	341.70
	5	313.50	295.80	288.00	358.70	338.40	330.10
A5	1	308.40	290.50	288.00	357.60	337.10	333.90
	2	286.30	281.40	269.00	332.70	325.70	312.00
	3	294.90	286.30	278.60	339.90	330.30	320.20
	4	300.60	263.80	253.20	346.50	305.20	293.01
	5	283.00	264.30	256.90	326.90	305.00	297.50
A6	1	295.70	271.50	262.00	337.40	308.80	298.70
	2	311.90	278.20	261.90	355.10	344.90	317.10
	3	336.90	318.60	292.40	382.20	362.20	333.20
	4	312.00	301.00	262.90	357.80	348.30	300.40
	5	305.30	305.10	261.80	356.80	356.20	314.60



Fuente: Propia

Tabla 70: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras A7 hasta A12.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"					
<b>TOMA DE DATOS</b>							
<b>ENSAYO:</b>		DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA					
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 989 (1984)					
<b>TIPO DE TEJA:</b>		ARTESANAL					
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE UAC					
<b>FECHA:</b>		27-28-29/11/2018					
<b>TESISTA:</b>		BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA					
<b>ASESOR:</b>		ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN					
<b>ABSORCIÓN DE AGUA DE TEJA CERÁMICA</b>							
Identificación de Muestra		Peso Seco (g)			Peso Saturado (g)		
		Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3
A7	1	340.80	279.30	261.30	393.10	319.80	301.30
	2	361.30	348.90	295.80	416.60	402.30	339.50
	3	387.30	277.20	275.50	444.30	318.40	316.20
	4	311.20	300.60	258.40	358.10	346.30	298.10
	5	307.50	299.40	262.50	355.60	346.40	303.80
A8	1	330.20	287.70	273.10	375.00	325.50	309.50
	2	359.20	303.50	285.10	405.50	343.20	322.80
	3	366.70	352.50	328.70	415.10	398.80	372.00
	4	397.00	346.60	264.90	449.60	391.80	299.40
	5	376.00	357.50	354.70	426.70	404.50	402.00
A9	1	335.40	275.30	270.90	386.94	317.52	312.67
	2	324.50	258.20	257.60	374.68	297.90	297.07
	3	368.80	308.30	302.00	426.13	356.80	349.11
	4	359.70	277.30	263.60	414.06	319.47	303.05
	5	357.10	298.40	294.00	411.83	344.40	339.39
A10	1	306.90	295.40	294.90	357.81	344.65	343.48
	2	376.60	282.90	279.60	440.34	330.46	327.51
	3	289.70	287.50	270.80	337.70	333.76	316.96
	4	395.70	291.10	284.50	456.71	336.54	328.60
	5	343.10	323.90	312.20	395.58	375.77	361.44
A11	1	322.25	316.90	252.79	376.51	369.79	295.42
	2	312.77	300.37	283.89	364.58	351.32	331.23
	3	325.41	291.76	261.89	378.50	340.29	305.22
	4	316.34	281.60	271.71	369.37	328.11	315.80
	5	378.94	357.11	322.71	438.79	412.94	375.33
A12	1	372.98	338.25	309.71	426.38	385.84	356.56
	2	318.96	293.47	281.89	367.38	337.60	326.11
	3	321.84	274.08	269.56	368.18	315.50	310.17
	4	319.34	305.75	290.36	367.18	350.68	332.82
	5	307.67	274.95	270.65	352.87	315.78	312.90



Fuente: Propia

Tabla 71: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras A13 hasta A18.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”					
TOMA DE DATOS							
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA						
NORMA:	NTE INEN 989 (1984)						
TIPO DE TEJA:	ARTESANAL						
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC						
FECHA:	30/11/2018 y 5-7/12/2018						
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA						
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN						
ABSORCIÓN DE AGUA DE TEJA CERÁMICA							
Identificación de Muestra		Peso Seco (g)			Peso Saturado (g)		
		Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3
A13	1	340.57	338.33	279.57	394.92	390.33	322.73
	2	366.05	347.97	303.03	425.57	401.81	350.03
	3	358.30	349.41	319.54	415.13	405.34	372.52
	4	342.91	330.15	273.32	397.70	380.81	315.10
	5	311.67	298.62	297.23	362.28	345.41	343.82
A14	1	333.34	302.63	291.26	389.11	353.60	339.68
	2	363.74	334.15	289.97	421.31	388.87	336.46
	3	352.75	312.29	274.09	408.83	363.19	320.08
	4	304.80	284.79	259.86	351.98	329.79	299.02
	5	342.06	264.87	250.17	395.98	307.11	290.47
A15	1	358.90	303.80	295.70	417.40	354.90	342.50
	2	378.40	358.70	317.30	439.90	417.10	368.60
	3	390.70	330.40	320.20	453.60	383.90	372.40
	4	381.00	374.50	360.20	444.10	435.50	418.10
	5	393.40	367.00	297.00	458.10	425.56	346.30
A16	1	300.20	293.40	284.00	349.30	339.70	330.00
	2	358.80	326.30	321.80	415.80	378.80	373.40
	3	352.10	339.00	290.30	408.30	393.60	336.10
	4	370.30	365.50	334.90	429.20	421.90	387.30
	5	363.80	359.90	286.60	419.30	412.30	331.10
A17	1	336.00	308.20	306.20	387.50	355.20	353.40
	2	390.90	347.10	334.50	453.40	402.20	387.20
	3	375.30	307.60	291.40	433.20	356.70	337.00
	4	325.20	310.70	264.00	375.20	359.10	304.90
	5	326.20	324.50	287.20	376.20	373.70	332.00
A18	1	315.20	278.00	269.40	371.20	324.30	318.90
	2	333.90	309.70	278.50	388.60	360.80	323.40
	3	340.40	319.50	294.40	396.70	373.80	343.20
	4	317.80	307.30	275.40	371.10	358.40	320.80
	5	353.40	284.70	257.10	411.30	331.40	298.90



Fuente: Propia

Tabla 72: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras A19 hasta A20.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”						
<b>TOMA DE DATOS</b>							
<b>ENSAYO:</b>	DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA						
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 989 (1984)						
<b>TIPO DE TEJA:</b>	ARTESANAL						
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC						
<b>FECHA:</b>	11-12/12/2018						
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA						
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN						
<b>ABSORCIÓN DE AGUA DE TEJA CERÁMICA</b>							
Identificación de Muestra	Peso Seco (g)			Peso Saturado (g)			
	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	
A19	1	391.10	312.70	307.50	442.50	353.10	347.20
	2	343.80	325.80	304.60	387.00	368.10	343.50
	3	334.20	328.10	288.20	376.90	370.60	324.50
	4	333.50	332.90	270.70	376.50	376.50	305.30
	5	291.30	288.40	287.00	329.70	325.50	323.70
A20	1	395.00	351.40	338.30	456.10	403.10	389.10
	2	375.60	348.10	333.10	430.60	402.20	384.40
	3	371.80	352.70	331.70	427.00	405.00	384.10
	4	340.80	275.70	271.90	396.00	319.60	315.60
	5	338.60	335.00	314.40	394.30	390.00	364.60



Fuente: Propia

Tabla 73: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras M1 hasta M6.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>					
<b>TOMA DE DATOS</b>							
<b>ENSAYO:</b>		DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA					
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 989 (1984)					
<b>TIPO DE TEJA:</b>		MECANIZADA					
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE UAC					
<b>FECHA:</b>		14-15-17/11/2018					
<b>TESISTA:</b>		BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA					
<b>ASESOR:</b>		ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN					
<b>ABSORCIÓN DE AGUA DE TEJA CERÁMICA</b>							
Identificación de Muestra		Peso Seco (g)			Peso Saturado (g)		
		Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3
M1	1	319.10	312.70	289.40	366.80	359.83	332.53
	2	370.20	361.90	277.00	425.36	416.57	317.66
	3	346.50	323.30	295.10	396.91	370.13	337.21
	4	369.90	331.80	327.70	423.97	380.91	377.22
	5	353.60	317.30	308.80	407.24	365.10	355.30
M2	1	301.60	280.80	279.00	343.81	320.28	317.80
	2	314.10	286.40	280.70	357.89	326.36	319.65
	3	318.60	310.30	269.90	362.92	354.14	306.62
	4	328.60	326.00	309.90	375.30	372.20	354.06
	5	308.00	298.50	294.30	352.20	340.62	336.52
M3	1	360.42	283.42	282.39	403.80	317.21	315.94
	2	316.69	295.52	259.05	353.62	330.80	288.77
	3	327.86	314.24	306.77	366.36	350.91	343.24
	4	337.72	309.86	288.41	378.30	346.38	322.37
	5	270.97	270.37	258.22	302.82	302.18	287.69
M4	1	318.06	278.82	260.83	357.34	313.70	292.68
	2	283.96	259.86	254.08	319.15	291.26	285.45
	3	288.75	268.24	267.13	326.71	304.53	302.28
	4	335.37	275.76	272.12	374.54	308.51	304.53
	5	341.38	301.33	277.42	382.17	337.11	310.32
M5	1	311.20	285.90	269.90	356.10	326.70	308.60
	2	309.40	294.80	267.10	348.40	336.60	305.10
	3	324.00	275.70	260.00	369.90	316.00	297.00
	4	353.30	311.20	283.60	403.10	355.60	323.40
	5	340.00	317.20	302.70	388.40	362.70	345.10
M6	1	300.50	293.00	282.50	341.70	332.40	320.30
	2	337.30	313.50	306.20	381.50	354.70	347.00
	3	330.50	303.00	300.30	375.10	343.80	341.00
	4	315.40	301.20	253.60	356.90	341.00	287.80
	5	335.20	319.00	299.10	379.20	361.30	338.30

Fuente: Propia



Tabla 74: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras M7 hasta M12.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"					
<b>TOMA DE DATOS</b>							
<b>ENSAYO:</b>		DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA					
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 989 (1984)					
<b>TIPO DE TEJA:</b>		MECANIZADA					
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE UAC					
<b>FECHA:</b>		23-24-26/11/2018					
<b>TESISTA:</b>		BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA					
<b>ASESOR:</b>		ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN					
<b>ABSORCIÓN DE AGUA DE TEJA CERÁMICA</b>							
Identificación de Muestra		Peso Seco (g)			Peso Saturado (g)		
		Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3
M7	1	355.80	329.40	305.10	405.60	375.10	347.50
	2	351.40	349.20	333.50	401.20	398.30	381.30
	3	368.10	325.40	301.90	419.40	370.50	347.80
	4	373.20	345.70	296.80	422.20	391.40	335.60
	5	304.80	301.00	297.00	346.80	343.00	338.40
M8	1	380.30	349.20	284.30	432.00	396.20	323.20
	2	307.40	289.60	276.90	349.40	329.70	314.40
	3	328.00	289.80	268.30	372.80	328.40	305.00
	4	353.90	312.70	283.60	400.20	354.60	320.00
	5	319.20	296.30	272.20	363.20	336.50	310.20
M9	1	365.20	365.10	312.90	409.90	409.60	354.20
	2	329.80	305.70	287.30	378.00	344.50	322.50
	3	307.90	291.30	285.60	344.70	332.30	325.50
	4	308.10	262.10	249.90	346.20	292.10	285.30
	5	344.90	299.00	272.80	385.50	335.60	307.40
M10	1	339.20	290.40	280.10	374.10	323.40	310.40
	2	322.80	294.90	250.70	358.90	329.50	278.30
	3	325.80	309.60	251.70	360.30	343.90	276.50
	4	375.70	370.40	266.90	423.70	417.30	298.70
	5	381.50	302.70	282.90	428.80	339.90	317.80
M11	1	323.80	284.30	265.20	368.60	324.80	301.80
	2	304.20	292.10	271.90	346.70	334.30	309.30
	3	309.60	269.30	251.20	351.80	306.50	284.80
	4	316.30	302.50	254.80	362.60	343.90	290.30
	5	305.60	269.20	250.10	350.80	307.70	286.30
M12	1	333.60	318.40	303.00	376.40	359.10	343.10
	2	319.20	277.30	265.70	360.50	312.80	301.40
	3	310.60	301.50	262.50	349.90	297.70	340.50
	4	335.60	323.30	258.70	380.00	369.60	292.30
	5	319.10	308.90	301.90	358.50	348.00	340.70

Fuente: Propia



Tabla 75: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras M13 hasta M18.

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>		<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>					
<b>TOMA DE DATOS</b>							
<b>ENSAYO:</b>		DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA					
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 989 (1984)					
<b>TIPO DE TEJA:</b>		MECANIZADA					
<b>LUGAR:</b>		LABORATORIO DE UAC					
<b>FECHA:</b>		1-3-4/12/2018					
<b>TESISTA:</b>		BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA					
<b>ASESOR:</b>		ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN					
<b>ABSORCIÓN DE AGUA DE TEJA CERÁMICA</b>							
Identificación de Muestra		Peso Seco (g)			Peso Saturado (g)		
		Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3
M13	1	354.00	293.50	251.30	399.00	330.80	283.40
	2	360.00	334.20	291.30	404.20	376.20	326.40
	3	358.40	254.80	253.50	399.70	282.50	280.00
	4	314.30	296.40	257.30	351.10	329.50	284.10
	5	315.00	304.50	291.40	352.80	340.30	326.30
M14	1	322.50	276.40	271.50	363.30	311.50	305.00
	2	320.00	307.80	301.40	360.30	346.20	341.60
	3	281.20	279.30	268.50	318.10	315.00	303.10
	4	311.70	292.10	288.60	352.40	329.70	325.50
	5	306.30	281.00	264.10	343.80	315.20	299.70
M15	1	365.70	277.70	270.10	410.10	312.20	303.00
	2	376.90	314.00	304.70	424.10	353.00	343.20
	3	355.00	299.10	253.80	400.70	337.60	286.60
	4	344.00	336.20	325.20	388.40	379.10	367.40
	5	355.60	336.50	299.60	400.60	378.50	337.60
M16	1	324.00	312.80	259.80	366.80	353.30	290.90
	2	338.60	319.30	306.20	382.70	362.60	347.90
	3	372.70	283.20	277.10	419.70	319.70	312.60
	4	332.80	313.00	273.30	374.80	352.80	308.50
	5	314.20	310.90	277.40	356.00	351.80	315.20
M17	1	341.50	317.80	294.70	382.80	358.90	330.80
	2	326.70	318.50	273.30	366.10	357.00	306.10
	3	343.90	340.90	261.90	387.70	381.40	292.80
	4	340.30	292.60	291.60	381.60	332.00	328.90
	5	345.20	296.70	274.60	390.60	331.50	306.80
M18	1	344.80	322.20	314.00	396.20	368.90	363.10
	2	358.70	353.40	316.90	409.80	402.20	361.60
	3	382.70	345.30	312.00	440.30	399.90	357.60
	4	319.00	310.20	287.90	365.70	357.50	329.00
	5	366.60	362.60	337.90	419.80	412.50	387.10

Fuente: Propia

Tabla 76: Toma de datos de ensayo de absorción de agua de las muestras M19 hasta M21.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”						
<b>TOMA DE DATOS</b>							
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA						
NORMA:	NTE INEN 989 (1984)						
TIPO DE TEJA:	MECANIZADA						
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC						
FECHA:	6-11/12/2018						
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA						
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN						
<b>ABSORCIÓN DE AGUA DE TEJA CERÁMICA</b>							
Identificación de Muestra	Peso Seco (g)			Peso Saturado (g)			
	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	
M19	1	298.40	260.70	253.70	335.00	288.80	282.60
	2	291.40	274.10	267.00	326.10	306.40	300.30
	3	322.20	315.20	269.70	357.90	351.80	301.40
	4	336.70	324.80	258.00	377.50	361.40	290.00
	5	346.60	335.00	252.00	382.40	378.30	284.00
M20	1	329.60	325.10	269.60	372.60	367.40	304.70
	2	389.20	336.50	304.10	441.50	382.00	344.90
	3	335.80	280.60	257.70	380.00	318.70	292.30
	4	360.60	319.00	291.00	407.30	360.70	329.30
	5	350.20	312.60	264.00	396.50	354.70	299.90
M21	1	316.60	287.50	258.80	354.50	322.60	291.60
	2	331.00	328.00	256.40	374.10	371.60	289.10
	3	295.00	275.30	273.90	330.30	312.20	309.30
	4	321.30	302.20	264.20	369.60	350.30	305.20
	5	308.60	258.10	250.90	357.20	294.20	287.70

Fuente: Propia

#### 3.5.2.4. Ensayo de análisis granulométrico por tamizado de materias primas.

Ensayo realizado para determinar la distribución de tamaños de las partículas de materias primas después del proceso de trituración practicado a las arcillas de las canteras de: Piñipampa, Querarpata y San Jerónimo. Asimismo a la arena fina de la playa de Piñipampa que se utiliza en la manufactura de las tejas cerámicas de Piñipampa.

##### 3.5.2.1.1. Materiales y equipos.

- Las muestras de materias primas ya trituradas se extraen de las tejerías donde hacen uso mayoritario de estas arcillas, entonces sobre la base de la encuesta aplicada se



extrae para la arcilla de Piñipampa de la tejería del Sr. Juvenal Coaquira Turpo; para la arcilla de Querarpata de la tejería del Sr. Sabino Huilca Condemayta y para la arcilla de San Jerónimo la tejería del Sr. Pedro Fernandez Mamani.

De las materias primas secadas a sol y luego triturados en molino de martillos, se extraen muestras de 5 Kg aproximadamente para cada una de las arcillas. Para la arena fina utilizada en la producción de tejas cerámicas se extrae de la tejería del Sr. Pedro Fernandez Mamani.

- Tamizador automático.
- Balanza de precisión 0.01 g.
- Juego de tamices (Tapa, 3/8", N° 4, N° 10, N° 30, N° 40, N° 50, N° 100, N° 200 y fondo)
- Brocha
- Escobilla de plástico
- Recipientes metálicos

#### **3.5.2.1.2. Procedimiento.**

- Realizar el cuarteo respectivo para ello verter sobre la mesa la muestra recolectada de las tejerías de Piñipampa, para tomar una porción de 1500 g para las arcillas y 1700 g para la arena fina de playa Piñipampa. Los pesos establecidos recogen las recomendaciones del Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil de Joseph E. Bowles.
- Se extrae una pequeña muestra de cada materia prima recogida de las tejerías de Piñipampa para conocer la humedad con la que se procedió al proceso de molienda, este recipiente de contenido de humedad se seca en horno por 24 horas.
- Se registra los pesos iniciales de las muestras de 1500 gramos para las arcillas de: Piñipampa, Querarpata, San Jerónimo y para la arena fina de 1700 gramos en la balanza de precisión del laboratorio.
- Se realiza el tamizado de las arcillas trituradas en el equipo automático del laboratorio programándose un tiempo de 6 minutos, haciendo uso para ello un juego de tamices recomendados por el Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil de Joseph E. Bowles, vertiéndose la muestra de arcillas sobre el juego de tamices ordenadas de mayor a menor.

- Finalmente se saca los tamices uno por uno de forma ordenada y se vierte con ayuda de una brocha en un recipiente de peso conocido para cuantificar el peso retenido en una balanza de precisión de cada tamiz.



		<p>Cuartear la muestra extraída de las tejerías de Piñipampa para obtener una porción de 1500 gramos para las arcillas y 1700 gramos para la arena fina de playa Piñipampa.</p>
<p>Echar la muestra de materia prima sobre el juego de tamices ordenados de mayor a menor y programar en el tamizador automatico para el proceso un tiempo de 6 minutos.</p>		
		<p>Retirar el juego de tamices del equipo automatico luego del tiempo programado para el tamizado.</p>
<p>Finalmente pesar los pesos retenidos en cada tamiz utilizando una balanza de precision, para su registro correspondiente.</p>		

Figura 44: Procedimiento del ensayo análisis granulométrico de arcillas y arena fina después del proceso de trituración en molinos de martillos.

Fuente: Propia del autor.



3.5.2.4.3. Toma de datos.

Tabla 77: Toma de datos para análisis granulométrico de arcilla de Piñipampa triturada utilizada en la manufactura de tejas cerámicas.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"	
<b>TOMA DE DATOS</b>		
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	
NORMA:	AASHTO T88-70, ASTM D-422	
MATERIA PRIMA:	ARCILLA DE PIÑIPAMPA	
LUGAR:	LABORATORIO DE LA UAC	
FECHA:	13/12/2018	
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA	
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN	
	Peso de recipiente de humedad	37.30 g
	Peso de recipiente + peso de muestra húmeda	149.60 g
	Peso de recipiente + peso de muestra seca	144.30 g
	Peso de muestra triturado en chancadora	1500.00 g
	Error	0.01 %
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE ARCILLA</b>		
N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)
4	4.75	0.00
10	2.00	86.10
30	0.60	677.90
40	0.425	169.20
50	0.300	145.30
100	0.150	185.60
200	0.075	118.60
FONDO		117.20
TOTAL		1499.90


Fuente: Propia

Tabla 78: Toma de datos para análisis granulométrico de arcilla de Querarpata triturada utilizada en la manufactura de tejas cerámicas.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"	
<b>TOMA DE DATOS</b>		
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	
NORMA:	AASHTO T88-70, ASTM D-422	
MATERIA PRIMA:	ARCILLA DE QUERARPATA	
LUGAR:	LABORATORIO DE LA UAC	
FECHA:	13/12/2018	
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA	
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN	
	Peso de recipiente de Humedad	36.30 g
	Peso de recipiente + peso de muestra húmeda	145.30 g
	Peso de recipiente + peso de muestra seca	139.70 g
	Peso de muestra triturado en chancadora	1500.00 g
	Error	0.03 %
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE ARCILLA</b>		
N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)
4	4.75	0.00
10	2.00	99.30
30	0.60	630.00
40	0.425	170.50
50	0.300	146.20
100	0.150	182.40
200	0.075	110.80
FONDO		160.30
TOTAL		1499.50



Fuente: Propia

Tabla 79: Toma de datos para análisis granulométrico de arcilla de San Jerónimo triturada utilizada en la manufactura de tejas cerámicas.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA - CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"		
<b>TOMA DE DATOS</b>			
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
NORMA:	AASHTO T88-70, ASTM D-422		
MATERIA PRIMA:	ARCILLA DE SAN JERÓNIMO		
LUGAR:	LABORATORIO DE LA UAC		
FECHA:	13/12/2018		
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA		
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN		
	Peso de recipiente de Humedad	37.40	g
	Peso de recipiente + peso de muestra húmeda	137.20	g
	Peso de recipiente + peso de muestra seca	132.10	g
	Peso de muestra triturado en chancadora	1500.00	g
	Error	0.01	%
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE ARCILLA</b>			
N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	
4	4.75	0.00	
10	2.00	86.90	
30	0.60	505.30	
40	0.425	124.10	
50	0.300	97.10	
100	0.150	133.20	
200	0.075	250.00	
FONDO		303.20	
TOTAL		1499.80	

Fuente: Propia

Tabla 80: Toma de datos para análisis granulométrico de arena fina de Piñipampa utilizada en la manufactura de tejas cerámicas.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA - CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"		
<b>TOMA DE DATOS</b>			
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
NORMA:	AASHTO T88-70, ASTM D-422		
MATERIA PRIMA:	ARENA FINA DE PIÑIPAMPA		
LUGAR:	LABORATORIO DE LA UAC		
FECHA:	17/12/2018		
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA		
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN		
	Peso de recipiente de humedad	37.72	g
	Peso de recipiente + peso de muestra húmeda	130.28	g
	Peso de recipiente + peso de muestra seca	129.13	g
	Peso de muestra triturado en chancadora	1700.00	g
	Error	0.004	%
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE ARCILLA</b>			
N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	
4	4.75	0.00	
10	2.00	4.02	
30	0.60	113.64	
40	0.425	107.84	
50	0.300	115.52	
100	0.150	710.77	
200	0.075	495.78	
FONDO		152.36	
TOTAL		1699.93	

Fuente: Propia



### ***3.5.2.5. Ensayo de análisis granulométrico por tamizado de arcillas para clasificación de suelos.***

Este ensayo se realiza para conocer la composición granulométrica de las arcillas procedentes de las canteras de: Piñipampa, Querarpata y San Jerónimo utilizadas en la manufactura de tejas cerámicas de Piñipampa para su clasificación según los métodos SUCS y AASHTO.

#### ***3.5.2.5.1. Materiales y equipos.***

- Tamizador automático
- Horno de secado 110 °C
- Balanzas de precisión 0.01 g.
- Juego de tamices (Tapa, 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200 y fondo)
- Brocha
- Escobilla de plástico
- Recipientes

#### ***3.5.2.5.2. Procedimiento.***

- Se realiza el cuarteo correspondiente para ello verter sobre una mesa la muestra recolectada de las tejerías de Piñipampa y tomar una porción representativa de 600 gramos aproximadamente de peso para cada arcilla.
- Se secan en horno por 24 horas a una temperatura entre 110 °C las tres muestras de arcillas de las canteras de: Piñipampa, Querarpata y San Jerónimo.
- Se toma 500 gramos por cada una de las arcillas secadas al horno para verter sobre el tamiz N° 200 y realizar el tamizado de forma manual para descartar la fracción menor que pasa la malla N° 200 acorde a la recomendación del Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil de Joseph E. Bowles.
- Se coloca la muestra de arcilla triturada retenida en el tamiz N° 200 del proceso anterior para lavar cuidadosamente el material a través del tamiz N° 200 utilizando agua potable hasta cuando el agua que pasa a través de este tamiz mantenga su transparencia. Luego de ello se vierte en un recipiente metálico el material retenido, y esperar un tiempo suficiente para que el agua superficial de la suspensión se vuelva transparente y botar tanto como sea posible. Finalmente poner el recipiente con el material húmedo en el horno por 24 horas para su secado correspondiente.

- Pesar en balanza de precisión la muestra lavada y secada en horno. Seguidamente se vierte sobre el juego de tamices ordenados de mayor a menor para posteriormente colocar en el equipo tamizador automático del laboratorio programándose un tiempo de 5 minutos según recomendación del Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil de Joseph E. Bowles.
- Finalmente se procede a sacar los tamices uno por uno de forma ordenada y se vierte en un recipiente de peso conocido para cuantificar el peso retenido de la muestra en la balanza de precisión.

	<p>Las muestras de arcilla se cuartean para sacar una muestra de 600 gramos para cada una, y luego secar en horno por 24 horas a temperatura de 110 °C.</p>
<p>Tomar 500 gramos de muestra seca de arcilla para tamizar manualmente en el tamiz N° 200 para descartar la fracción menor y lo retenido se lava cuidadosamente con agua hasta que el agua que pase por tamiz sea transparente y botar el agua superficial de la suspensión, y proceder a secar en horno.</p>	
	<p>Las muestras lavadas y secadas en horno por 24 horas se pesan, luego se echa sobre el juego de tamices ordenados de mayor a menor, programándose un tiempo de 5 minutos para el proceso de tamizado automático, seguidamente se retiran del equipo tamizador.</p>
<p>Finalmente se procede a hacer el registro en el formato de toma de datos, los pesos retenidos en cada tamiz uno por uno utilizando para ello una balanza de precisión.</p>	



Figura 45: Procedimiento del ensayo de análisis granulométrico para clasificación de suelos.

Fuente: Propia del autor.





3.5.2.5.2. Toma de datos.

Tabla 81: Toma de datos para análisis granulométrico de arcilla de Piñipampa para su clasificación según SUCS y AASHTO.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”		
<b>TOMA DE DATOS</b>			
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
NORMA:	MTC E 107, ASTM D-422		
ARCILLA DE:	PIÑIPAMPA		
LUGAR:	LABORATORIO DE LA UAC		
FECHA:	19/12/2018		
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA		
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN		
	Peso de muestra seca de arcilla antes de lavado en tamiz N° 200	500.00	g
	Peso de muestra seca de arcilla después de lavado en tamiz N° 200	47.23	g
	Error	0.04	%
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE ARCILLA</b>			
N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	
3/8"	9.5	0.00	
4	4.75	0.00	
8	2.36	0.27	
16	1.18	1.36	
30	0.60	1.34	
50	0.30	3.08	
100	0.15	8.45	
200	0.075	21.91	
FONDO		10.8	
TOTAL		47.21	

Fuente: Propia

Tabla 82: Toma de datos para análisis granulométrico de arcilla de Querarpata para su clasificación según SUCS y AASHTO.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”		
<b>TOMA DE DATOS</b>			
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
NORMA:	MTC E 107, ASTM D-422		
ARCILLA DE:	QUERARPATA		
LUGAR:	LABORATORIO DE LA UAC		
FECHA:	19/12/2018		
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA		
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN		
	Peso de muestra seca de arcilla antes de lavado en tamiz N° 200	500.00	g
	Peso de muestra seca de arcilla después de lavado en tamiz N° 200	33.78	g
	Error	0.06	%
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE ARCILLA</b>			
N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	
3/8"	9.5	0.00	
4	4.75	0.00	
8	2.36	0.08	
16	1.18	0.13	
30	0.60	0.26	
50	0.30	0.92	
100	0.15	4.52	
200	0.075	15.69	
FONDO		12.16	
TOTAL		33.76	

Fuente: Propia

Tabla 83: Toma de datos para análisis granulométrico de arcilla de San Jerónimo para su clasificación según SUCS y AASHTO.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"	
<b>TOMA DE DATOS</b>		
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	
NORMA:	MTC E 107, ASTM D-422	
ARCILLA DE:	SAN JERÓNIMO	
LUGAR:	LABORATORIO DE LA UAC	
FECHA:	19/12/2018	
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA	
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN	
	Peso de muestra seca de arcilla antes de lavado en tamiz N° 200	500.00 g
	Peso de muestra seca de arcilla después de lavado en tamiz N° 200	38.95 g
	Error	0.08 %
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE ARCILLA</b>		
N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)
3/8"	9.5	0.00
4	4.75	0.00
8	2.36	0.23
16	1.18	1.01
30	0.60	1.50
50	0.30	3.05
100	0.15	6.81
200	0.075	18.60
FONDO		7.72
TOTAL		38.92

Fuente: Propia

### 3.5.2.6. Ensayo de límite líquido de arcillas y dosificación de materiales primas.

El ensayo se realiza para cada una de las arcillas procedentes de las canteras de: Piñipampa, Querarpata y San Jerónimo extraídas de las tejerías de Piñipampa del proceso de trituración. Asimismo se procede a ensayar las dosificaciones en las siguientes proporciones:

- 90% de cada arcilla con 10% de arena fina.
- 70% de cada arcilla con 30% de arena fina.
- 40% de arcilla de Piñipampa + 30% de arcilla de San Jerónimo con 30% de arena fina
- 40% de arcilla de Querarpata + 30% de arcilla de San Jerónimo con 30% de arena fina.

#### 3.5.2.6.1. Materiales y equipos.

- Materias primas
- Balanza de precisión 0.01 g
- Horno de secado 110 °C
- Tamiz N° 40, tapa y fondo
- Espátula
- Recipientes para contenido de humedad



### 3.5.2.6.2. Procedimiento.

- Las muestras de suelos (arcillas) se recogen de las tejerías de Piñipampa del proceso de trituración; la elección de las tejerías para el muestreo de las arcillas se basa a la encuesta aplicada donde los productores indican la procedencia de las arcillas más utilizadas, eligiéndose para la arcilla de Piñipampa la tejería del Sr. Juvenal Coaquira Turpo; para la arcilla de Querarpata la tejería del Sr. Sabino Huilca Condemayta y para la arcilla de San Jerónimo la tejería del Sr. Pedro Fernandez Mamani.
- Se registran los pesos de los recipientes de contenido de humedad previamente identificados con un plumón indeleble.
- Se tamiza las muestras de arcilla de Piñipampa, Querarpata, San Jerónimo y arena fina de Piñipampa a ensayar en el tamiz N° 40 para obtener los finos del material y se coloca en un recipiente una cantidad suficiente para realizar los ensayos de las arcillas y todas las dosificaciones planteadas.
- Se ajusta la altura de caída de la copa de bronce sobre la base del aparato con extremo superior del ranurador tipo Casagrande implementada para este propósito.
- Se coloca 250 gramos de suelo obtenidos en un recipiente de porcelana, añadir una cantidad adecuada de agua y mezclar cuidadosamente el suelo hasta obtener una muestra homogénea con color uniforme y apariencia cremosa. Cuando el suelo se encuentre en un punto de consistencia tal que se pueda estimar que tomara alrededor de 50 golpes para cerrar la ranura en una longitud de 12.7 mm, remover alrededor de 60 gramos aproximada de esta muestra adecuadamente mezclada del recipiente en el que se está trabajando para la determinación del límite plástico de la muestra. A continuación rociar agua con la pizeta de manera que la consistencia permita un número de golpes para que cierre la ranura en un rango de 30 a 40 golpes.
- Se coloca dentro de la cazuela una cantidad del suelo hasta la profundidad adecuada para el trabajo de la herramienta ranuradora. A continuación se debe emparejar la superficie de la pasta del suelo cuidadosamente con una espátula, y mediante el uso de la herramienta ranuradora, cortar una ranura clara, recta que separe completamente la masa del suelo en dos partes. Seguidamente dejar caer (golpes) continuamente la copa sobre su base hasta que cierre la ranura una longitud de 12.7 mm.
- Se toma una muestra suficiente para medir el contenido de humedad y colocar en un recipiente de humedad cuyo peso se determinó con anterioridad asegurando que esta muestra corresponda a la zona donde cerro la ranura. Remover los restos del suelo de la

cazuela y volverlos al recipiente donde se había preparado la muestra. Añadir una pequeña cantidad de agua con la pizeta al recipiente de preparación de suelo y mezclar cuidadosamente hasta obtener una mezcla homogénea para obtener en un rango de 25 a 30 golpes aproximadamente para cerrar la ranura en una longitud de 12.7 mm.

- Se repite la secuencia para dos ensayos más con números de golpes en el rango de 20 a 25 golpes y de 15 a 20 respectivamente para un total de 4 puntos, finalmente pesar las cuatro muestras de contenido de humedad obtenidas en los diferentes ensayos realizados, remover las tapas y colocar los recipientes en el horno a temperatura de 110 °C por 24 horas.



Figura 46: Procedimiento para realizar el ensayo de determinación de límite líquido de arcillas y dosificaciones utilizadas en manufactura de tejas.

Fuente: Propia del autor.

3.5.2.6.3. Toma de datos.

Tabla 84: Toma de datos para ensayo de límite líquido de arcilla de Piñipampa.



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
ENSAYO:	LÍMITE LIQUIDO			
NORMA:	ASTM 423			
ARCILLA DE:	PIÑIPAMPA			
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC			
FECHA:	14/12/2018			
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	Numero de golpes (N)
T-7	37.13	53.15	48.26	35
T-9	36.99	51.49	46.98	27
T-11	37.55	52.13	47.56	24
T-15	36.61	53.02	47.70	17

Tabla 85: Toma de datos para ensayo de límite líquido de arcilla de Querarpatá.





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
ENSAYO:	LÍMITE LIQUIDO			
NORMA:	ASTM 423			
ARCILLA DE:	QUERARPATA			
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC			
FECHA:	14/12/2018			
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	Numero de golpes (N)
T-12	37.52	54.38	49.66	35
T-16	36.71	56.30	50.69	27
T-14	37.52	55.72	50.49	24
T-13	37.61	54.31	49.48	17

Tabla 86: Toma de datos para ensayo de límite líquido de arcilla de San Jerónimo.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
ENSAYO:	LÍMITE LIQUIDO			
NORMA:	ASTM 423			
ARCILLA DE:	SAN JERÓNIMO			
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC			
FECHA:	14/12/2018			
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	Numero de golpes (N)
T-1	37.40	55.34	50.81	36
T-2	37.74	55.75	51.16	27
T-3	37.64	55.67	50.96	21
T-4	37.10	53.63	49.16	16

Fuente: Propia

Tabla 87: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 90% de arcilla de Piñipampa y 10% arena fina.



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO				
NORMA: ASTM 423				
DOSIFICACIÓN: 90% ARCILLA DE PIÑIPAMPA + 10% ARENA FINA				
LUGAR: LABORATORIO DE UAC				
FECHA: 19/02/2019				
TESISTA: BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA				
ASESOR: ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN				
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	Numero de golpes (N)
T-5	36.60	56.60	51.20	37
T-7	36.70	55.40	50.30	28
T-8	37.10	58.70	52.70	21
T-9	36.50	57.90	51.80	17

Tabla 88: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 90% de arcilla de Querarpata y 10% arena fina.





	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO				
NORMA: ASTM 423				
DOSIFICACIÓN: 90% ARCILLA DE QUERARPATA + 10% ARENA FINA				
LUGAR: LABORATORIO DE UAC				
FECHA: 19/02/2019				
TESISTA: BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA				
ASESOR: ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN				
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	Numero de golpes (N)
T-1	37.00	56.30	51.30	37
T-2	37.30	54.40	50.00	29
T-3	37.30	57.90	52.50	23
T-4	36.70	57.00	51.70	20

Tabla 89: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 90% de arcilla de San Jerónimo y 10% arena fina.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO				
NORMA: ASTM 423				
DOSIFICACIÓN: 90% ARCILLA DE SAN JERÓNIMO + 10% ARENA FINA				
LUGAR: LABORATORIO DE UAC				
FECHA: 19/02/2019				
TESISTA: BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA				
ASESOR: ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN				
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	Numero de golpes (N)
T-10	36.80	56.80	52.10	36
T-11	37.10	58.80	53.80	27
T-12	36.90	59.60	54.20	22
T-14	37.00	59.60	54.10	17

Fuente: Propia

Tabla 90: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 70% de arcilla de Piñipampa y 30% arena fina.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"				
<b>TOMA DE DATOS</b>					
ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO				
NORMA:	ASTM 423				
DOSIFICACIÓN:	70% ARCILLA DE PIÑIPAMPA + 30% ARENA FINA				
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC				
FECHA:	17/12/2018				
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA				
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN				
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	Numero de golpes (N)	
T-1	37.41	54.48	50.34	36	
T-2	37.73	57.22	52.39	27	
T-3	37.64	55.37	50.99	23	
T-4	37.1	56.69	51.71	20	

Tabla 91: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 70% de arcilla de Querarpatá y 30% arena fina.







	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"				
<b>TOMA DE DATOS</b>					
ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO				
NORMA:	ASTM 423				
DOSIFICACIÓN:	70% ARCILLA DE QUERARPATA + 30% ARENA FINA				
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC				
FECHA:	17/12/2018				
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA				
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN				
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	Numero de golpes (N)	
T-5	37.03	57.45	52.90	36	
T-6	37.09	57.41	52.79	26	
T-7	37.13	57.96	53.04	21	
T-8	37.54	55.45	51.08	15	

Tabla 92: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 70% de arcilla de San Jerónimo y 30% arena fina.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"				
<b>TOMA DE DATOS</b>					
ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO				
NORMA:	ASTM 423				
DOSIFICACIÓN:	70% ARCILLA DE SAN JERÓNIMO + 30% ARENA FINA				
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC				
FECHA:	17/12/2018				
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA				
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN				
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	Numero de golpes (N)	
T-9	36.98	55.00	51.15	36	
T-12	37.52	57.30	53.00	26	
T-11	37.55	55.30	51.36	23	
T-10	37.20	53.06	49.48	16	



Fuente: Propia

Tabla 93: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 40% de arcilla de Piñipampa + 30% arcilla de San Jerónimo y 30% arena fina.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:</b>	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
<b>ENSAYO:</b>	LÍMITE LÍQUIDO			
<b>NORMA:</b>	ASTM 423			
<b>DOSIFICACIÓN:</b>	40% ARCILLA DE PIÑIPAMPA + 30% ARCILLA DE SAN JERONIMO 30% ARENA FINA			
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC			
<b>FECHA:</b>	18/12/2018			
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
<b>Recipiente N°</b>	<b>Peso del Recipiente</b> (g)	<b>Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo</b> (g)	<b>Peso del Recipiente + Peso del suelo seco</b> (g)	<b>Numero de golpes</b> (N)
T-11	37.56	56.71	52.42	35
T-10	37.20	54.24	50.36	28
T-9	36.99	57.92	53.07	22
T-12	37.53	56.79	52.29	19

Fuente: Propia

Tabla 94: Toma de datos para ensayo de límite líquido de dosificación 40% de arcilla de Querarpata + 30% arcilla de San Jerónimo y 30% arena fina.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:</b>	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
<b>ENSAYO:</b>	LÍMITE LÍQUIDO			
<b>NORMA:</b>	ASTM 423			
<b>DOSIFICACIÓN:</b>	40% ARCILLA DE QUERARPATA + 30% ARCILLA DE SAN JERONIMO 30% ARENA FINA			
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE UAC			
<b>FECHA:</b>	18/12/2018			
<b>TESISTA:</b>	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
<b>ASESOR:</b>	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
<b>Recipiente N°</b>	<b>Peso del Recipiente</b> (g)	<b>Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo</b> (g)	<b>Peso del Recipiente + Peso del suelo seco</b> (g)	<b>Numero de golpes</b> (N)
T-13	37.62	52.86	49.51	34
T-15	36.61	54.13	50.28	29
T-14	37.53	56.11	51.96	24
T-16	36.72	54.09	50.05	17

Fuente: Propia

### 3.5.2.7. Ensayo de límite plástico de arcillas y dosificación de materiales primas.

El ensayo se realiza para cada una de las arcillas procedentes de las canteras de: Piñipampa, Querarpata y San Jerónimo recogidas de las tejerías de Piñipampa del proceso de trituración.





Asimismo se realiza ensayos con las dosificaciones de arcillas y arena en las siguientes proporciones:

- 90% de cada arcilla con 10% de arena fina.
- 70% de cada arcilla con 30% de arena fina.
- 40% de arcilla de Piñipampa + 30% de arcilla de San Jerónimo con 30% de arena fina
- 40% de arcilla de Querarpata + 30% de arcilla de San Jerónimo con 30% de arena fina.

#### **3.5.2.7.1. Materiales y equipos.**

- Materias primas
- Horno de secado a 110 °C
- Balanza de precisión 0.01 g
- Placa de vidrio esmerilado
- Calibrador de diámetro de 3 mm
- Recipiente de contenido de humedad
- Recipientes metálicos

#### **3.5.2.7.2. Procedimiento.**

- Se utiliza la muestra de suelo separado durante la realización del ensayo de límite líquido practicado a cada tipo de arcillas y dosificaciones de arcilla y arena establecidas.
- Se divide la muestra en pequeños trozos (en forma de bolitas) para que con ellos se proceda a enrollar con la mano extendida sobre la placa de vidrio esmerilado y formar hilos o cilindros de diámetro uniforme de 3 mm, luego juntar para moldear la mezcla en forma de bolita, y nuevamente enrollar con la palma de la mano la cantidad de veces que sea necesario.
- Se continua enrollando la mezcla con la mano extendida sobre la superficie de la placa de vidrio esmerilado con una presión necesaria hasta que forme pequeños cilindros con un diámetro aproximado de 3 mm de diámetro y se pueda observar desmoronamiento en ellas, grietas y separación en pequeños pedazos, desprendimiento de escamas de forma tubular y pedacitos solidos de forma de barril.
- Esta secuencia se repite las veces que se requiera para producir suficientes pedazos de cilindro que permita llenar un solo recipiente metálico de contenido de humedad, según recomendación de Joseph Bowles para aumentar precisión y eliminar errores de pesada.

- Poner el recipiente metálico de contenido de humedad previamente pesado, al horno de secado con temperatura de 110 °C por 24 horas para determinar el contenido de humedad de la muestra ensayada.

	<p>Dividir en pedazos pequeños la muestra separada en el ensayo de límite líquido para enrollar con la mano extendida sobre el vidrio esmerilado para hacer cilindros o hilos de diámetro uniforme con la muestra.</p>
<p>Enrollar la muestra con la mano extendida sobre la superficie de la placa de vidrio esmerilado con una presión necesaria hasta que forme pequeños cilindros de un diámetro aproximado de 3 mm de diámetro, la cantidad de veces que sea necesario.</p>	
	<p>Cuando el diametro del hilo o cilindro de arcillas o dosificaciones llegue a 3 mm aproximadamente y se agriete, se rompa en pedazos más pequeños o se forme escamas de forma tubular, esta condición es satisfactoria para definir el límite plástico del suelo.</p>
<p>Producir pedazos de hilos o cilindros de la muestra (arcilla, dosificación) suficiente para llenar el recipiente metálico de contenido de humedad, luego de ello registrar su peso húmedo y secar en horno por 24 horas, para obtener el peso seco de la muestra.</p>	

Figura 47: Procedimiento para realizar el ensayo de determinación del límite plástico de arcillas y dosificaciones utilizadas en manufactura de tejas cerámicas.

Fuente: Propia del autor.



3.5.2.7.3. Toma de datos.

Tabla 95: Toma de datos para ensayo de límite plástico de la arcilla de Piñipampa.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"		
<b>TOMA DE DATOS</b>			
ENSAYO:	LÍMITE PLÁSTICO		
NORMA:	ASTM D424		
ARCILLA DE:	PIÑIPAMPA		
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC		
FECHA:	14/12/2018		
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA		
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)
T-10	37.20	51.80	49.21



Fuente: Propia

Tabla 96: Toma de datos para ensayo de límite plástico de la arcilla de Querarpata.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"		
<b>TOMA DE DATOS</b>			
ENSAYO:	LÍMITE PLÁSTICO		
NORMA:	ASTM D424		
ARCILLA DE:	QUERARPATA		
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC		
FECHA:	14/12/2018		
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA		
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)
T-17	37.77	57.29	54.07

Fuente: Propia

Tabla 97: Toma de datos para ensayo de límite plástico de la arcilla de San Jerónimo.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"		
<b>TOMA DE DATOS</b>			
ENSAYO:	LÍMITE PLÁSTICO		
NORMA:	ASTM D424		
ARCILLA DE:	SAN JERÓNIMO		
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC		
FECHA:	14/12/2018		
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA		
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)
T-5	37.03	52.92	50.30



Fuente: Propia

Tabla 98: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 90% de arcilla de Piñipampa y 10% arena fina.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
ENSAYO:	LÍMITE PLÁSTICO			
NORMA:	ASTM D424			
DOSIFICACIÓN:	90% ARCILLA DE PIÑIPAMPA + 10% ARENA FINA			
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC			
FECHA:	19/02/2019			
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	
T-16	36.20	61.10	56.90	


Fuente: Propia

Tabla 99: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 90% de arcilla de Querarpatá y 10% arena fina.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
ENSAYO:	LÍMITE PLÁSTICO			
NORMA:	ASTM D424			
DOSIFICACIÓN:	90% ARCILLA DE QUERARPATA + 10% ARENA FINA			
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC			
FECHA:	19/02/2019			
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	
T-15	36.10	56.30	53.40	

Fuente: Propia

Tabla 100: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 90% de arcilla de San Jerónimo y 10% arena fina.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN"			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
ENSAYO:	LÍMITE PLÁSTICO			
NORMA:	ASTM D424			
DOSIFICACIÓN:	90% ARCILLA DE SAN JERÓNIMO + 10% ARENA FINA			
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC			
FECHA:	19/02/2019			
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	
T-17	37.20	65.40	61.00	

Fuente: Propia

Tabla 101: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 70% de arcilla de Piñipampa y 30% arena fina.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
ENSAYO:	LÍMITE PLÁSTICO			
NORMA:	ASTM D424			
DOSIFICACIÓN:	70% ARCILLA DE PIÑIPAMPA + 30% ARENA FINA			
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC			
FECHA:	17/12/2018			
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	
T-13	37.61	52.11	49.94	

Fuente: Propia

Tabla 102: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 70% de arcilla de Querarpata y 30% arena fina.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
ENSAYO:	LÍMITE PLÁSTICO			
NORMA:	ASTM D424			
DOSIFICACIÓN:	70% ARCILLA DE QUERARPATA + 30% ARENA FINA			
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC			
FECHA:	17/12/2018			
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	
T-14	37.52	66.08	62.20	

Fuente: Propia

Tabla 103: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 70% de arcilla de San Jerónimo y 30% arena fina.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”			
<b>TOMA DE DATOS</b>				
ENSAYO:	LÍMITE PLÁSTICO			
NORMA:	ASTM D424			
DOSIFICACIÓN:	70% ARCILLA DE SAN JERÓNIMO + 30% ARENA FINA			
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC			
FECHA:	17/12/2018			
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA			
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN			
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)	
T-15	36.60	71.26	66.23	


Fuente: Propia

Tabla 104: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 40% de arcilla de Piñipampa + 30% de arcilla de San Jerónimo y 30% arena fina.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>		
<b>TOMA DE DATOS</b>			
ENSAYO:	LÍMITE PLÁSTICO		
NORMA:	ASTM D424		
DOSIFICACIÓN:	40% ARCILLA DE PIÑIPAMPA + 30% ARCILLA DE SAN JERONIMO 30% ARENA FINA		
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC		
FECHA:	18/12/2018		
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA		
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)
T-18	16.28	43.85	39.90

Fuente: Propia

Tabla 105: Toma de datos para ensayo de límite plástico de una dosificación de 40% de arcilla de Querarpampa + 30% de arcilla de San Jerónimo y 30% arena fina.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	<b>“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LAS TEJAS CERÁMICAS ARTESANALES Y MECANIZADAS MANUFACTURADAS EN PIÑIPAMPA – CUSCO, 2018, SEGÚN PARÁMETROS DE LAS NORMAS NTE INEN”</b>		
<b>TOMA DE DATOS</b>			
ENSAYO:	LÍMITE PLÁSTICO		
NORMA:	ASTM D424		
DOSIFICACIÓN:	40% ARCILLA DE QUERARPATA + 30% ARCILLA DE SAN JERONIMO 30% ARENA FINA		
LUGAR:	LABORATORIO DE UAC		
FECHA:	18/12/2018		
TESISTA:	BACH. DAVID FERNANDEZ CHURA		
ASESOR:	ING. EDSON JULIO SALAS FORTÓN		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
Recipiente N°	Peso del Recipiente (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo húmedo (g)	Peso del Recipiente + Peso del suelo seco (g)
T-15	36.10	56.30	53.40

Fuente: Propia

### 3.6. Procedimiento de análisis de datos

#### 3.6.1 Encuesta.

##### 3.6.1.1 Procesamiento o cálculo de la prueba.

Con los datos recolectados de campo en la encuesta - entrevista se realiza el procesamiento en el software Microsoft Excel para elaborar gráficos de barra y circulares.

##### 3.6.1.2 Diagramas o tablas de las preguntas aplicadas en la encuesta.

**Pregunta N° 1:** ¿Cuál es la condición de la fábrica de tejas cerámicas?

Los datos recolectados de campo se procesan y se resume en lo siguiente:

- 35 Tejerías es operado por su propietario.
- 06 Tejerías es operado por su arrendador.

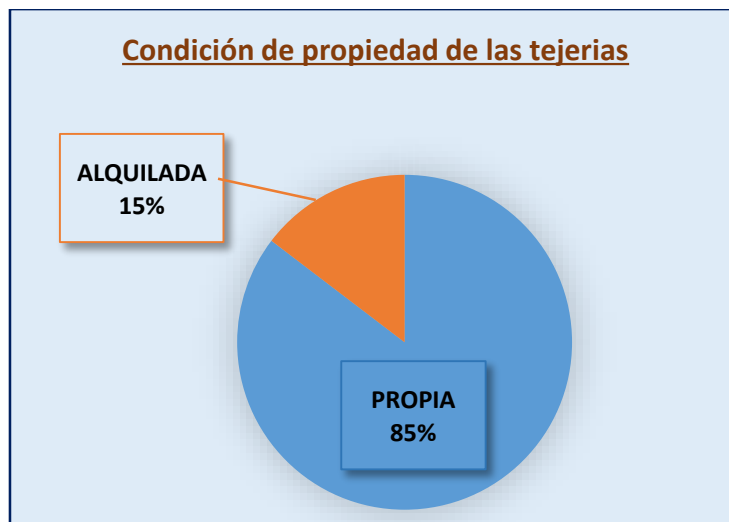


Figura 48: Condición de propiedad de las unidades de producción de tejas cerámicas en el centro poblado de Piñipampa.

Fuente: Propia del autor.

**Pregunta N° 2:** ¿Cuál es la teja cerámica que produce?

Los datos recolectados de campo se procesan y se resume de forma siguiente:

- 19 Tejerías manufacturan tejas cerámicas artesanales
- 16 Tejerías manufacturan tejas cerámicas mecanizadas
- 6 Tejerías manufacturan tejas cerámicas artesanales y tejas cerámicas mecanizadas

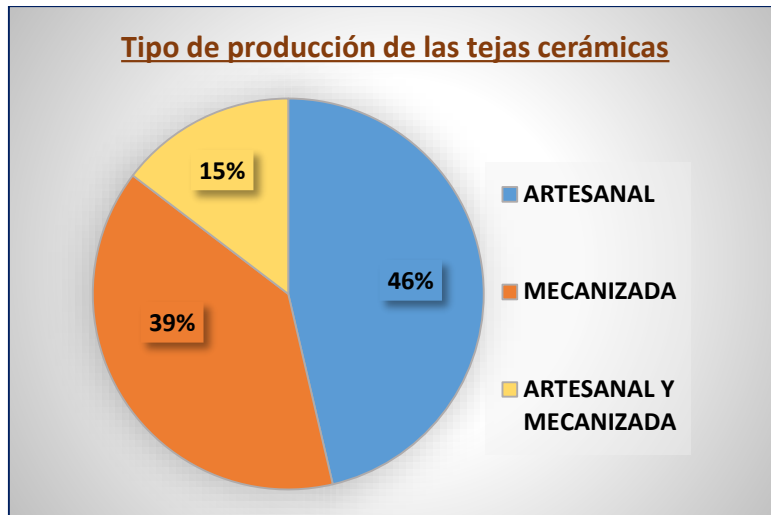


Figura 49: Tipo de producción de las tejas cerámicas en el centro poblado de Piñipampa.

Fuente: Propia del autor.

**Pregunta N° 3:** ¿Cuál es procedencia de las materias primas que utiliza en la elaboración de tejas cerámicas?

Los datos recolectados de campo se procesan y se resume de forma siguiente:

- 11 Tejerías utilizan únicamente la arcilla de la cantera de Piñipampa.
- 06 Tejerías utilizan únicamente la arcilla de la cantera de Querarpata
- 03 Tejerías utilizan únicamente la arcilla de la cantera de San Jerónimo
- 07 Tejerías utilizan arcillas de las canteras de: Querarpata y San Jerónimo
- 06 Tejerías utilizan arcillas de las canteras de: Piñipampa y San Jerónimo
- 05 Tejerías utilizan arcillas de las canteras de: Piñipampa y Querarpata
- 03 Tejerías utilizan arcillas de las canteras de: Piñipampa, Querarpata y San Jerónimo

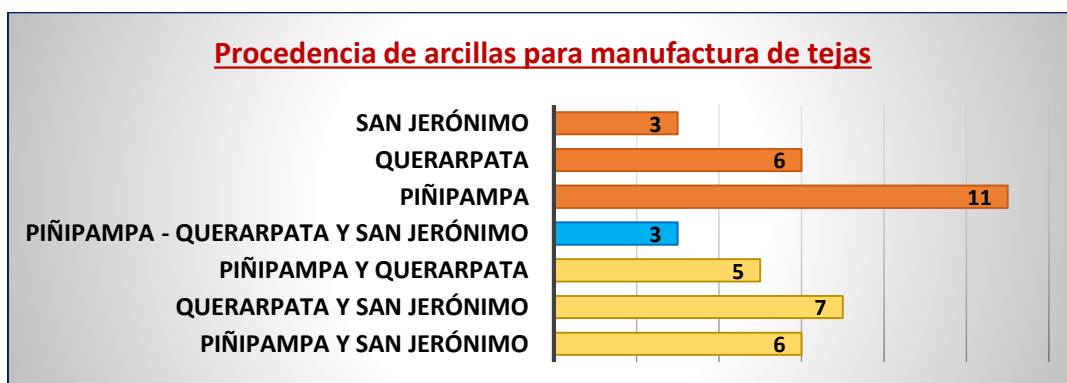


Figura 50: Procedencia de las arcillas en la manufactura de tejas cerámicas en Piñipampa.

Fuente: Propia del autor.





**Pregunta N° 4:** ¿Cuál es la dosificación de materias primas que utiliza para la fabricación de tejas cerámicas?

Los datos recolectados de campo se procesan considerando que en la manufactura de las tejas cerámicas practicadas en el centro poblado de Piñipampa, cada productor define la dosificación de materias primas de acuerdo a su experiencia y en función a las materias primas (arcillas y arena fina) que tiene en cancha; por lo que la dosificación es dispersa, vale decir está determinada por la disponibilidad de arcillas de diferentes canteras y arena fina. Observándose que esta dosificación requiere de la asistencia técnica para su correcta determinación de las proporciones de las materias primas. A diferencia de la arcilla y arena fina la dosificación del agua es más constante y depende del moldeo o formado de la teja cerámica, considerándose una mayor cantidad de agua para la manufactura de tejas cerámicas artesanales en comparación a la manufactura de tejas cerámicas mecanizadas que requiere menos cantidad de agua.

La dosificación de arcillas y arena fina utilizada por los productores de tejas cerámicas se determina considerando los volúmenes equivalentes siguientes:

- 1 Carretilla Buggy = 5 baldes (20 litros).
- 1 Balde = 20 litros de agua (1 balde = 0.02 m<sup>3</sup>)
- 1 Balde = 6 palas de arcilla o arena fina.
- 1 Carretilla Buggy = 0.10 m<sup>3</sup>
- 10 - 12 Carretillas Buggy = 1 millar de tejas cerámicas aproximadamente.

La dosificación de agua utilizada por los productores de tejas cerámicas está en función del volumen total de la arcilla y arena. Determinándose como una proporción de este volumen.

Además considera el tipo de teja a producir como sigue:

- La dosificación de agua para la manufactura de tejas cerámicas artesanales es:
  - 1.5 baldes de agua por cada carretilla buggy (arcilla + arena fina).
- La dosificación de agua para la manufactura de tejas cerámicas mecanizadas es:
  - 1.00 - 1.25 baldes de agua por cada carretilla buggy (arcilla + arena fina).

Según referencia de los productores de tejas cerámicas de Piñipampa la dosificación de arcillas de diferentes canteras tiene el objetivo de controlar la plasticidad de la mezcla para disminuir las grietas (rajaduras) en el secado y quemado de la teja cerámica. También para mejorar la apariencia del producto final, puesto que la arcilla sola de la cantera de Piñipampa se cociona a un color blanco y la preferencia de los clientes es el color característico de la teja cerámica que es tendiente al color rojo o anaranjado.

Tabla 106: Dosificación de materias primas utilizadas por productores de tejas cerámicas de Piñipampa, noviembre 2018.

N°	ID	Productor	Arcilla			Arena Fina	Agua
			Piñipampa	Querarpata	San Jerónimo		
1	M1	Fermín Challco Mamani	71.4%			28.6%	25.0%
2	M2	Nicanor Ccarita García	43.5%	43.5%		13.0%	25.0%
3	M3	Nicomedes Auccapuma Yuto		45.5%	45.5%	9.1%	25.0%
4	M4	José Ttito Condori	17.2%	69.0%		13.8%	25.0%
5	M5	William Ccoyccosi Susaya	48.0%		32.0%	20.0%	25.0%
6	M6	Juan Monrroy Gutiérrez	84.6%			15.4%	25.0%
7	M7	Valentín Huillca Huillca	31.3%		43.8%	25.0%	20.0%
8	M8	Juan Condori Mayo	41.7%		45.8%	12.5%	20.0%
9	M9	Pastor Mamani Ccari		33.3%	33.3%	33.3%	25.0%
10	M10	Ignacio Ttito Condori		72.7%		27.3%	25.0%
11	M11	Guido del Carpio García		38.5%	38.5%	23.1%	25.0%
12	M12	Mario Monrroy Gutiérrez	83.3%			16.7%	20.0%
13	M13	Luis Morales Chávez	40.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%
14	M14	María Cruz Yuca	45.5%		45.5%	9.1%	25.0%
15	M15	Wilfredo Blancos Quispe	78.6%			21.4%	20.0%
16	M16	Roger Apaza Mamani	90.0%			10.0%	25.0%
17	M17	Herminio Huamán Mesicano		80.0%		20.0%	20.0%
18	M18	Santos Apaza Vargas	91.7%			8.3%	25.0%
19	M19	Pedro Fernandez Mamani			75.0%	25.0%	25.0%
20	M20	Ladislao Paz Nina	50.0%	14.3%	21.4%	14.3%	25.0%
21	M21	Víctor Ortiz Inquillay	60.0%		30.0%	10.0%	25.0%
22	A1	Nicanor Ccarita García	43.5%	43.5%		13.0%	30.0%
23	A2	Ramón Taco Ccacyatancco	21.4%	57.1%		21.4%	30.0%
24	A3	Celso Uturnco Apaza		76.9%		23.1%	30.0%
25	A4	Juan Mamani Ferata		83.3%		16.7%	30.0%
26	A5	Juvenal Coaquira Turpo	83.3%			16.7%	30.0%
27	A6	David Quispe Ortiz	83.3%			16.7%	30.0%
28	A7	Wilfredo Mamani Huanaco		40.0%	40.0%	20.0%	30.0%
29	A8	Justo Armas Huamán	50.0%	35.7%		14.3%	30.0%
30	A9	Ángel Mamani Loayza		63.2%	26.3%	10.5%	30.0%
31	A10	Froilán Choque Inquilla	13.6%	22.7%	45.5%	18.2%	30.0%
32	A11	Santos Ccoyccosi Ramos			76.9%	23.1%	30.0%
33	A12	Honorato Ccoya Ccarhuarupay		41.7%	41.7%	16.7%	30.0%
34	A13	Guido del Carpio García		38.5%	38.5%	23.1%	30.0%
35	A14	Inocencio Yucra Mamani	45.5%		45.5%	9.1%	30.0%
36	A15	Raúl Aymituma Mendoza			83.3%	16.7%	30.0%
37	A16	Vicente Bonifacio Ramos	81.8%			18.2%	30.0%
38	A17	Oscar Quispe Ortiz		76.9%		23.1%	30.0%
39	A18	Juan Bonifacio Ramos	80.0%			20.0%	30.0%
40	A19	Sabino Huillca Condemayta		83.3%		16.7%	30.0%
41	A20	Julián Mamani Pachacutecq	76.9%			23.1%	30.0%

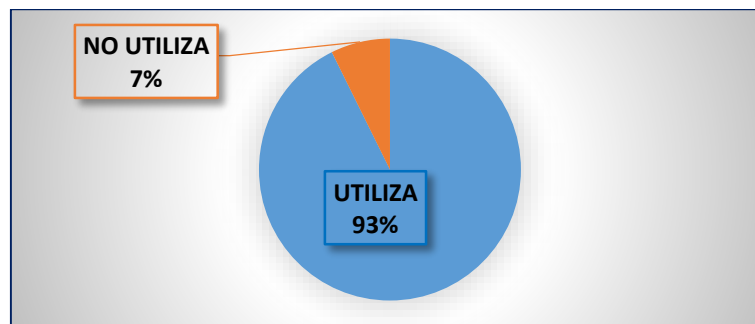
Fuente: Propia

**Pregunta N° 5:** ¿Qué máquinas o equipos utiliza en la fabricación de las tejas cerámicas?

Los datos recolectados de campo se procesan y se resume de forma siguiente:

- 21 Tejerías manufacturan tejas cerámicas utilizando extrusora y chancadora.
- 17 Tejerías manufacturan tejas cerámicas utilizando solo chancadora.
- 03 Tejerías manufacturan tejas cerámicas sin utilizar máquinas.

De la información recogida de campo se observa que para la manufactura de teja cerámica mecanizada es necesario la utilización de 2 máquinas mínimamente (chancadora y extrusora), en tanto que para la manufactura de teja cerámica artesanal no es imprescindible el uso de máquinas; sin embargo gran parte (17 de 20) de los productores hacen uso de una máquina trituradora de arcillas denominada chancadora.



*Figura 51:* Utilización de máquinas en las tejerías del centro poblado de Piñipampa.

Fuente: Propia del autor.

Respecto al tamiz o malla de la máquina trituradora o chancadora de los datos recogidos de campo se observa que los productores de tejas cerámicas de Piñipampa cuentan con tres calibres de las aberturas circulares de la malla o tamiz con el que están fabricados las trituradoras:

- 24 tejerías tienen aberturas circulares de 4.4 mm de  $\emptyset$  en el tamiz de la chancadora.
- 09 tejerías tienen aberturas circulares de 5.2 mm de  $\emptyset$  en el tamiz de la chancadora.
- 05 tejerías tienen aberturas circulares de 5.5 mm de  $\emptyset$  en el tamiz de la chancadora.

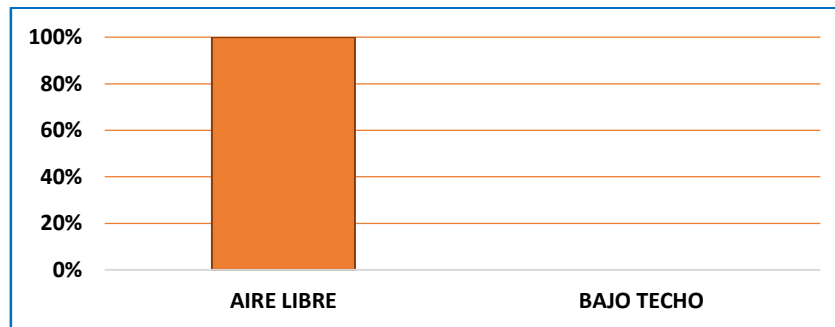
Según referencia de los productores de tejas cerámicas de Piñipampa la granulometría de la trituración de arcillas no está determinada por el tamaño de la abertura de la malla de chancadora, sino de la luz existente entre la quijada o martillos y la parte fija de la máquina o superficie metálica de la malla o tamiz de la máquina trituradora (chancadora).

**Pregunta N° 6:** ¿Dónde realiza el proceso de secado de la teja cerámica?

Los datos recolectados de campo se procesan y se resume de forma siguiente:

- 41 Tejerías realizan el proceso de secado al aire libre.
- Ninguna tejería realiza el proceso de secado debajo de un techo.

Los productores refieren que este proceso de secado dura 2 días mínimamente, esta determinación está en función a la intensidad de horas sol en el día.



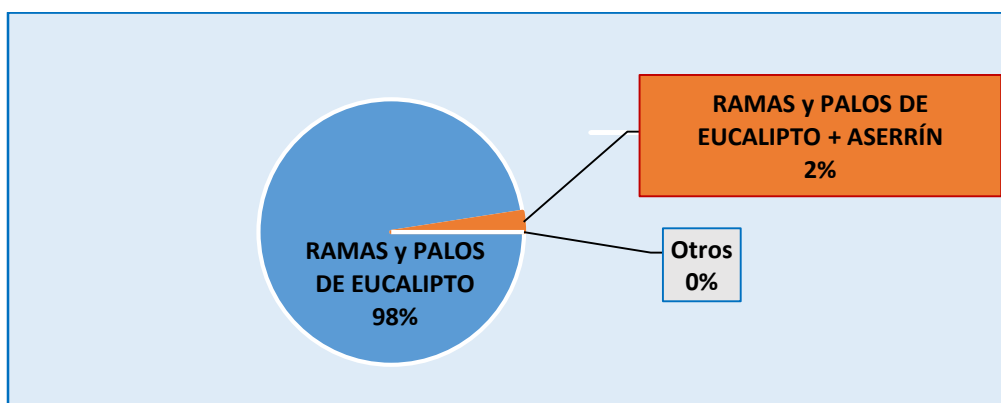
*Figura 52:* Forma de secado de la teja cerámica practicada en las tejerías de Piñipampa.  
Fuente: Propia del autor.

**Pregunta N° 7:** ¿Qué tipo de combustibles utiliza para cocción de tejas cerámicas?

Los datos recolectados de campo se procesan y se resume de forma siguiente:

- 40 Tejerías encuestadas utilizan como combustible para la cocción de teja cerámica ramas de Eucalipto y palos de Eucalipto.
- 1 Tejería encuestada utiliza como combustible para la cocción de teja cerámica ramas y palos de Eucalipto y aserrín de madera.
- Ninguna: otros combustibles.

Según referencia de los productores encuestados la ubicación de las tejerías en Piñipampa es estratégica, puesto que las ramas y palos de Eucalipto proceden de todo el valle de Vilcanota y otras zonas cercanas con bosques de árboles de Eucalipto, aclarándose que en el proceso de cocción de tejas cerámicas solo se utilizan los residuos de la explotación de bosques de Eucalipto para fines de construcción y otros, vale decir las ramas y los palos torcidos.



*Figura 53:* Combustibles utilizados para la cocción de tejas cerámicas manufacturadas en Piñipampa.

Fuente: Propia del autor.

**Pregunta N° 8:** ¿Cuánto tiempo en horas realiza la cocción de las tejas cerámicas y qué cantidad de combustible utiliza?

Los datos recolectados de campo se procesan y se resume de forma siguiente:

- Las tejerías del centro poblado de Piñipampa para el proceso de cocción de tejas cerámicas utilizan tiempos variados, esto se debe según refieren los productores al tiempo destinado a la etapa de “calentado” donde la temperatura no excede la temperatura de ebullición del agua aproximadamente, con el propósito de que la teja cerámica termine su secado. Esta etapa varía de un mínimo de 2 horas hasta 5 horas de calentado aprox., dependiendo de la experiencia y criterio del productor.

De los datos de la encuesta se encuentra que el tiempo de cocción de tejas cerámicas de Piñipampa tiene un mínimo de 9 horas y un máximo de 14 horas.

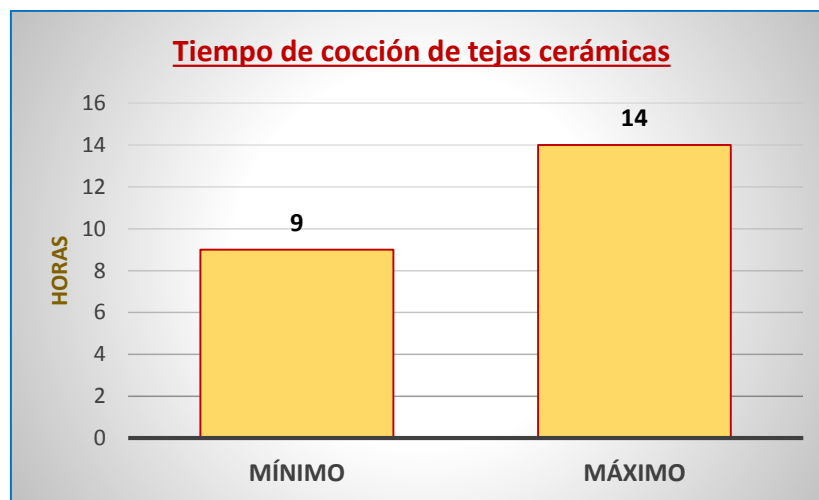


Figura 54: Tiempo en horas que dura la cocción de tejas cerámicas.

Fuente: Propia del autor.

- La cantidad de combustible utilizado para cocción de 5500 tejas cerámicas en promedio es una camionada de ramas de Eucalipto, la que es abastecida por transportistas que se dedican a la explotación de bosques de Eucalipto.

Una camionada de combustible aproximadamente equivale a un volumen de:

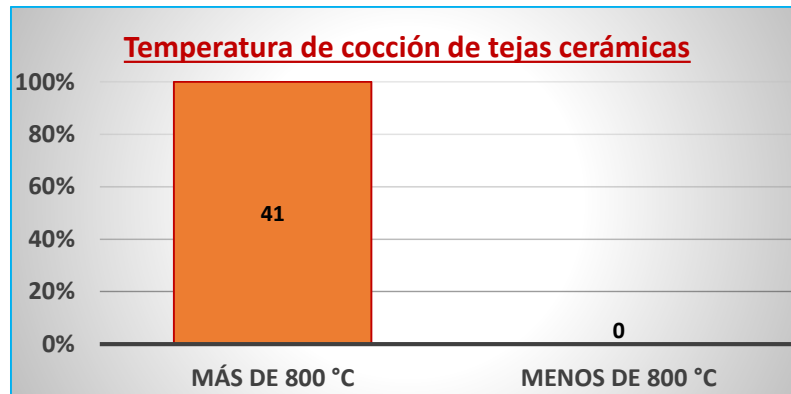
$$- 6.25 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} = 25 \text{ m}^3.$$

Que es una cantidad equivalente a la explotación de unas 100 matas de Eucalipto aproximadamente, según referencia de los que suministran las ramas de Eucalipto a los productores de tejas cerámicas de Piñipampa.

**Pregunta N° 9:** ¿Cuál es la temperatura de cocción de las tejas cerámicas que produce?

Los datos recolectados de campo se procesan y se resume de forma siguiente:

- 41 Tejerías encuestadas refieren que la temperatura de cocción es más de 800 °C.



*Figura 55:* Temperatura de cocción de las tejas cerámicas, en tejerías del centro poblado de Piñipampa.

Fuente: Propia del autor.

De acuerdo a la referencia de los productores de tejas de Piñipampa la temperatura de cocción de las tejas cerámicas en un horno tradicional alcanza temperaturas superiores a 800 °C, está se determinó durante el control de temperatura de la cocción de tejas cerámicas en la ejecución del proyecto: “Implementación y asistencia técnica en tecnologías limpias para la industria de tejas y ladrillos de los distritos de San Jerónimo, Andahuaylillas, Sicuani y Santa Ana en la región del Cusco”, financiada por el Gobierno Regional de Cusco.

**Pregunta N° 10:** ¿Qué cantidad de tejas cerámicas en millares cocciona su horno tradicional?

Los datos recolectados de campo se procesan y se resume de forma siguiente:

- 40 Tejerías encuestadas refieren que la capacidad del horno es de 5.05 – 6.8 millares que son acomodados dentro del horno apilados verticalmente en 3 niveles.
- 01 Tejería encuestada refiere que la capacidad de horno es de 10.1 millares, que son acomodados dentro de horno apilados verticalmente en tres niveles.

De acuerdo a lo manifestado por los encuestados la capacidad del horno tradicional está determinada en función a lo que una camionada de ramas de Eucalipto (25 m<sup>3</sup>) puede coccionar adecuadamente, resultando la cantidad de 5.5 millares aproximadamente. Los hornos tradicionales de mayor capacidad requieren adquirir una cantidad adicional de ramas y palos de Eucalipto. Por ejemplo el horno tradicional de 10.1 millares de capacidad requiere 2 camionadas de combustible.

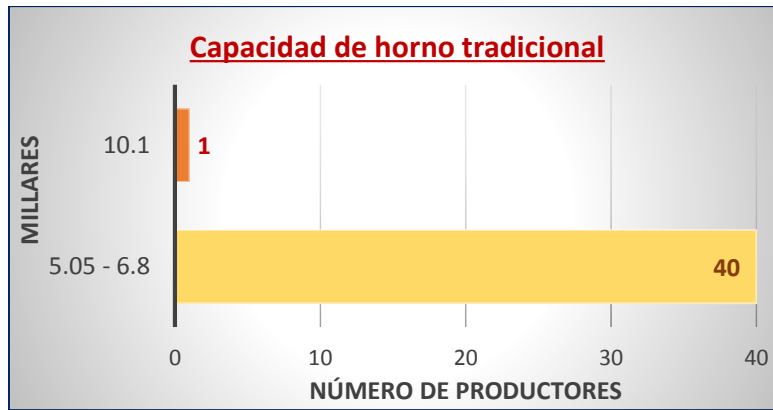


Figura 56: Capacidad de los hornos tradicionales de Piñipampa.  
Fuente: Propia del autor.

**Pregunta N° 11:** ¿Cuál es la producción mensual de tejas cerámicas en millares?

Los datos recolectados de campo se procesan y se resume de forma siguiente:

#### **Producción mensual de teja cerámica mecanizada**

- En temporada seca comprendida entre los meses de mayo a noviembre, las tejerías tienen una producción dispersa según la logística del productor, encontrándose hasta un máximo de 40 millares y un mínimo de 5 millares, por lo tanto se tiene un promedio de 19.05 millares.
- En temporada lluviosa comprendida entre los meses de diciembre a abril, las tejerías tienen una producción dispersa según condiciones del tiempo, encontrándose hasta un máximo de 10 millares y un mínimo de 2 millares, obteniéndose un promedio de 4.2 millares.

#### **Producción mensual de teja cerámica artesanal**

- En temporada seca comprendida entre los meses de mayo a noviembre, las tejerías tienen una producción diversa según la logística del productor, encontrándose hasta un máximo de 20 millares y un mínimo de 5 millares, obteniéndose un promedio de 10.4 millares.
- En temporada lluviosa comprendida entre los meses de diciembre a abril, las tejerías tienen una producción diversa según condiciones de tiempo, encontrándose hasta un máximo de 5 millares y un mínimo de 0 millares, lográndose un promedio de 2.1 millares.

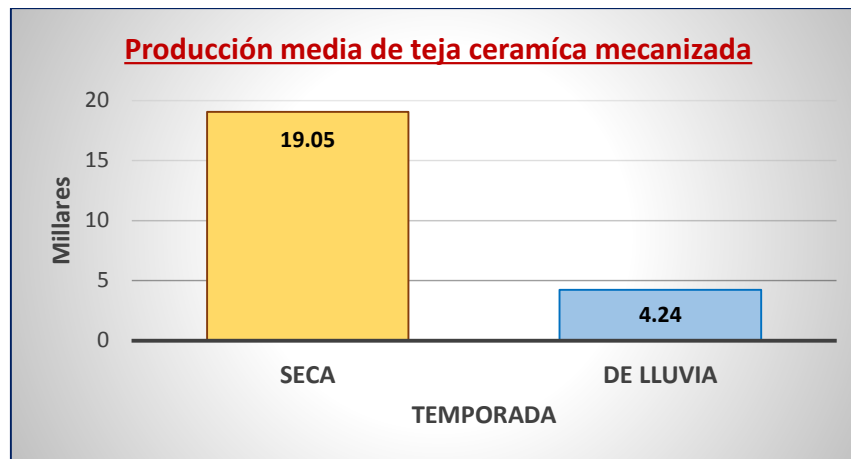


Figura 57: Producción media mensual de teja cerámica mecanizada en Piñipampa.

Fuente: Propia del autor.

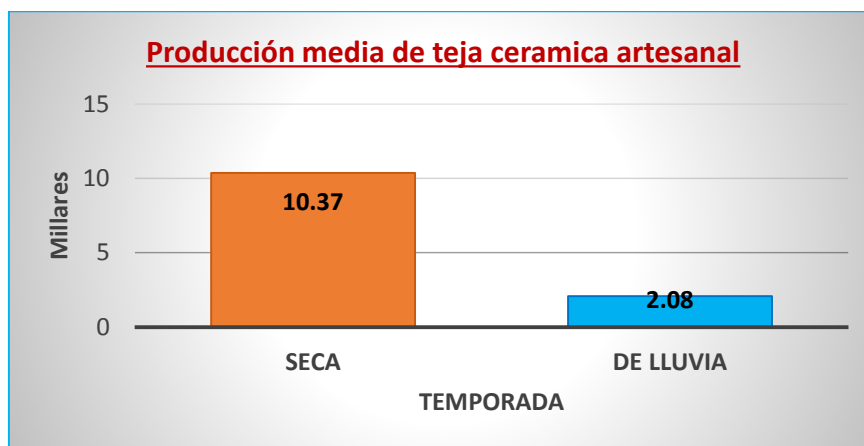


Figura 58: Producción media mensual de teja cerámica artesanal en Piñipampa.

Fuente: Propia del autor.

**Pregunta N° 12:** ¿Cuál es el criterio de selección que realiza para la puesta en venta de la teja cerámica?

Los datos recolectados de campo se procesan y se resume de forma siguiente:

- 41 tejerías encuestadas vale decir el 100% refieren que los criterios para seleccionar la teja cerámica para su venta son criterios netamente visuales:
  - Por el color que presenta la teja cerámica.
  - Por la presencia de grietas en las tejas cerámicas.
  - Por los defectos de forma que tiene la teja cerámica.

Según refieren los encuestados las tejas cerámicas con insuficiente cocción presenta un color diferente de una teja cerámica coccionada adecuadamente, habitualmente estas tejas se encuentran en las esquinas del horno y las primeras tejas junto a las paredes del horno. Todas