



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO:

**“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS TEJAS
DE BARRO PRODUCIDAS POR ALFAREROS DE LA PARROQUIA LA
VICTORIA, CANTÓN PUJILÍ.”**

Autor:

Bautista Suárez Willington Renán

Tutores:

Ph.D. Héctor Luis Laurencio Alfonso

Ms.C. Mauro Darío Albarracín Álvarez

Latacunga – Ecuador

Julio - 2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Bautista Suárez Willington Renán declaro ser autor del presente proyecto de investigación: siendo **“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS TEJAS DE BARRO PRODUCIDAS POR ALFAREROS DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, CANTÓN PUJILÍ.”** siendo el Ph.D. Héctor Luis Laurencio Alfonso tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



Bautista Suárez Willington Renán

C.I: 0502758451

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS TEJAS DE BARRO PRODUCIDAS POR ALFAREROS DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, CANTÓN PUJILÍ”, del postulante Bautista Suárez Willington Renán, de la carrera de Ingeniería Electromecánica considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio del 2019



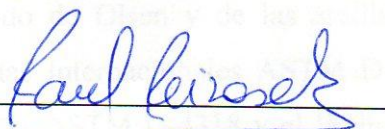
Ph.D. Héctor Luis Laurencio Alfonso
CI.1758367252
Tutor

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: Bautista Suárez Willington Renán con CI: 0502758451, con el título de Proyecto de titulación: **“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS TEJAS DE BARRO PRODUCIDAS POR ALFAREROS DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, CANTÓN PUJILÍ”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Sustentación de Proyecto. Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio 2019

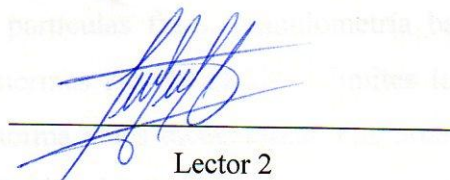
Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)

Ing. Héctor Reinoso.

C.I.:0502150899



Lector 2

Ing. Paúl Corrales.

C.I.:0502347768



Lector 3

Ing. Segundo Cevallos

C.I: 0501782437

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, Julio del 2019

Ph.D. Enrique Torres Tamayo

Comisionado de Investigación de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Universidad Técnica de Cotopaxi

Presente.-

Comisionado de investigación de la carrera de Ingeniería Electromecánica, confirma la realización del proyecto **“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS TEJAS DE BARRO PRODUCIDAS POR ALFAREROS DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, CANTÓN PUJILÍ”** implementado por el señor estudiante de la universidad técnica de Cotopaxi de la carrera de **Ingeniería Electromecánica**; Bautista Suárez Willington Renán con CI: 0502758451, bajo la supervisión y coordinación de nuestros tutores.

Acepto conocer y estar conforme con los términos y condiciones de las actividades que se va a realizar por el estudiante para la ejecución del presente proyecto.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para el interesado pueda hacer uso para los fines que crea conveniente.

Atentamente:



Ph.D: Enrique Torres Tamayo

CI. 1757121940

AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo quiero agradecer a Dios por todas sus bendiciones, a mis Padres que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez y a mi hermana por su apoyo moral.

De manera especial a mi tutor de tesis, por haberme guiado, en la realización de este trabajo investigativo.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por haberme brindado la oportunidad de ser un profesional y enriquecerme en conocimiento.

Willington.

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por darme sabiduría y fortaleza. A mis padres por todo su amor, comprensión y apoyo gracias infinitas por la paciencia que me han tenido. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, A mi hermana por su amor incondicional, gracias infinitas a todos.

Willington

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
AVAL DE TRADUCCIÓN	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
4.1. Beneficiarios directos	3
4.2. Beneficiarios indirectos	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS	4
6.1. Objetivo General	4
6.2. Objetivos Específicos	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
8.- FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	6
8.1. La arcilla como materia prima para la fabricación de tejas	6
8.1.1. La Arcilla en el mundo, Ecuador y La Victoria	6
8.1.2. Características de la arcilla.....	10
8.1.3. Composición Química.....	10
8.1.4. Propiedades de las arcillas.....	11
8.1.5. Clasificación de arcillas	12

8.2. Procesos de fabricación de tejas y probetas	13
8.2.1. Extracción de materia prima	13
8.2.2. Secado de materia prima	13
8.2.3. Mezclado	14
8.2.4. Amasado.....	14
8.2.5. Moldeado.....	15
8.2.5.1 Proceso de moldeado.....	16
8.2.6. Secado de la teja.....	16
8.2.7. Cocción.....	17
8.2.8. Preparación de teja para acabado superficial vidriado	17
8.2.9. Transporte.....	17
8.3. Producto terminado.....	18
8.3.1. Muestreo Inspección y Recepción.....	18
8.4. Ensayo por compresión.....	19
8.5. Ensayo de flexión en tejas curvas	21
8.5.1. Procedimiento para la realización del ensayo a flexión	21
9. HIPÓTESIS	23
9.1 Causa- efecto.....	23
10. METODOLOGÍA.....	24
10.1. Fabricación de las probetas cerámicas.....	24
10.2. Forma y tamaño de las probetas	24
10.3. Fabricación de probetas	25
10.4. Condición de pruebas a flexión	25
10.5. Cálculo	26
10.6. Caracterización del sector minero:	27
10.7. Preparación de probetas cilíndricas y Tejas de arcilla	27
10.7.1. Transporte.....	28
10.7.2. Cubrimiento de la arcilla.	28
10.7.3. Secado de la materia prima	29
10.7.4. Triturado.....	29
10.7.5. Lavado de la arcilla	30
10.7.6. Mezclado	30
10.7.7. Amasado y Moldeado Probetas.....	30

10.7.8. Amasado y Moldeado de las Tejas.....	30
10.7.9. Secado de Probetas.....	31
10.7.10. Secado de las Tejas	31
10.7.11. Quema	31
10.8. Materiales y métodos	32
10.8.1. Diseño experimental.....	34
11. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	35
11.1. Análisis de la composición física y química de las arcillas y resultados.....	35
11.2 Análisis granulométricos de las arcillas y resultados	37
11.3 Pruebas a compresión	39
11.4. Pruebas a flexión.....	43
12. IMPACTOS DE LA INVESTIGACION	45
12.1. Impacto técnico.....	45
12.2. Impacto ambiental.....	45
12.3. Impacto social	45
12.4. Impacto económico.....	46
13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	46
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
16. ANEXOS.....	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades.....	5
Tabla 2: Provincias con arcillas.....	8
Tabla 3: Influencia de componentes químicos en la arcilla.....	11
Tabla 4: Criterio de aceptación y rechazo de los lotes de inspección.....	18
Tabla 5: Criterios INEN 987 sobre la aceptación o rechazo del lote.....	19
Tabla 6: Causa- efecto.....	23
Tabla 7: Requisitos de resistencia transversal de ruptura.....	26
Tabla 8: Georreferenciación de las minas.....	27
Tabla 9: Materiales utilizados.....	32
Tabla 10: Materiales utilizados a compresión.....	33
Tabla 11: Métodos y técnicas.....	34
Tabla 12: Comparación de los componentes químicos.....	35
Tabla 13: Resultados obtenidos del análisis de la composición química.....	36
Tabla 14: Resultados obtenidos del porcentaje de partículas finas.....	36
Tabla 15: Comparación de la granulometría.....	37
Tabla 16: Comparación de los límites líquidos y plásticos.....	38
Tabla 17: Pruebas a compresión el Tingo.....	40
Tabla 18: Pruebas a compresión La Victoria.....	41
Tabla 19: Pruebas a compresión de las dos minas.....	43
Tabla 20: Pruebas a flexión tejas comunes.....	43
Tabla 21. Pruebas a flexión tejas mejoradas.....	44
Tabla 22: Gastos realizados de investigación.....	46
Tabla 23: Tir y Van.....	47

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Secado del barro.....	14
Figura 2: Mezclado del barro.....	14
Figura 3: Bailada del barro	15
Figura 4: Moldeo de la arcilla.....	15
Figura 5: Secado de la teja.....	16
Figura 6. Cocción en el horno	17
Figura 7. Ensayos de Compresión	20
Figura 8: Disposición de apoyos para ensayos a flexión.....	22
Figura 9: Disposición para aplicación de fuerza de ensayos a flexión	22
Figura 10: Dimensiones de las probetas.	25
Figura 11: Mina de extracción.....	27
Figura 12: Transporte de arcilla.....	28
Figura 13: Cubrimiento de la arcilla.	28
Figura 14: Secado de la arcilla.	29
Figura 15: Triturado de la arcilla.....	29
Figura 16: Molida de la arcilla	30
Figura 17: Secado de las probetas.	31
Figura 18: Curvas granulométricas	38
Figura 19: Curvas de límites de las arcillas	39
Figura 20: Pruebas a compresión bajo normas (ASTMC42)	41
Figura 21: Pruebas a compresión bajo normas (ASTMC42)	42
Figura 22: Pruebas a compresión bajo normas ASTM C42	42

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS TEJAS DE BARRO PRODUCIDAS POR ALFAREROS DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, CANTÓN PUJILÍ”

Autor: Bautista Suárez Willington Renán

RESUMEN

En la presente investigación se da a conocer la Caracterización de las propiedades mecánicas y químicas de las tejas de barro producidas por alfareros de la parroquia La Victoria”. En base a este análisis se ha propuesto un adecuado mejoramiento de la elaboración de tejas utilizando la misma materia prima, dándole un mejor tratamiento tecnológico, y cumpliendo las normas establecidas para su comercialización.

Para la ejecución del trabajo se realizaron los análisis de la composición química bajo el método de Olsen y de las arcillas, porcentaje de partículas finas, granulometría bajo las normas Internacionales ASTM D-6913, humedad normas ASTM D-2216, límites líquidos normas ASTM D-4318 y el límite plástico con la norma antes mencionada. Las pruebas de compresión se realizaron bajo las normas ASTM C-42, mientras que las pruebas a flexión están realizadas bajo normas Ecuatorianas INEN 990.

De los resultados arrojados por la investigación se concluye que la arcilla del sector el Tingo tiene mejores valores en el índice plástico con 12,6 , el límite líquido de 42 % y de textura de 81,1 ; esta arcilla presenta una mayor resistencia a la flexión teniendo como resultado 471 Newtons, para ello se manifiesta a los artesanos de La Victoria realizar el lavado de la arcilla antes de comenzar a elaborar las tejas, esto ayuda a eliminar partículas gruesas, donde se tendrá un mejor acabado y una mayor resistencia mecánica.

Palabras Claves: Granulometría, suelo arcilloso, flexión.



.....
PhD. Héctor Luis Laurencio

Tutor:

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES.
MAJOR OF ELECTROMECHANICAL ENGINEERING

**THEME: “THE MECHANICAL PROPERTIES CHARACTERIZATION OF CLAY’S
TILES PRODUCED BY THE VICTORIA’S PARISH POTTERS, PUJILI CANTON”**

Author: Bautista Suárez Willington Renán

ABSTRACT

The present research permits to know the characterization of mechanical and chemical properties of clay’s tiles produced by the Victoria’s Parish Potters. In base of this Analysis has been proposed an adequate improvement of tile’s production using the same raw material it brings them the best technologic treatment and fulfilling the commercialization regulation. To finish the research work, It was realized the chemical composition analysis for the Olsen method and the clay, percentage of fine particle, granulometry by the International regulation ASTM D-6913, humidity regulation ASTM D-2216, liquid limits regulation ASTM D-4318 and the plastic limit with the regulation before named, the comprehension tests were realized for the ASTM C-42 regulation, while the flexion tests were realized by INEN 990 Ecuadorian regulation. The obtained results conclude that the clay of Tingo has better value in the plastic index with 12,6, liquid limit is 42% and the texture is 81,1; This clay presents the best resistance of flexion obtains like a result 471 newtons, for them, it’s necessary to inform to the Victoria’s potters that they need to launder the clay before to start to make the tiles this helps to eliminate the thick particles, with this process where they will have a better complete production and the best mechanical resistant .

Keywords: Granulometry, clayey, flexion.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del Proyecto de Investigación al Idioma Inglés presentado por el señor egresado de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, BAUTISTA SUÁREZ WILLINGTON RENÁN**, cuyo título versa **“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS TEJAS DE BARRO PRODUCIDAS POR ALFAREROS DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, CANTÓN PUJÍ”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, julio de 2019

Atentamente,

Lic. Marcelo Pacheco MsC.

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS

C.C.0502617350



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título:

CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS TEJAS DE BARRO PRODUCIDAS POR ALFAREROS DE LA PARROQUIA LA VICTORIA, CANTÓN PUJILÍ.

Fecha de inicio:

07 de abril 2018.

Fecha de finalización:

Julio 2019

Lugar de ejecución:

Región: Sierra

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Pujilí

Parroquia: La Victoria

Facultad que auspicia:

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

Sector comunitario y productivo (industrial) de la provincia de Cotopaxi, cantón Pujilí, Parroquia La Victoria.

Equipo de Trabajo:

Willington Renán Bautista Suárez.

Telf.: 0998574219

Correo: willington.bautista1@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Según la UNESCO se entenderá como campo del conocimiento el área de contenido cubierto por la carrera de Ingeniería Electromecánica según el código #7 Ingeniería, industria y construcción.

Línea de investigación:

Procesos Industriales.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Diseño, Construcción y Mantenimiento de Elementos, Prototipos y Sistemas Electromecánicos.

2. RESUMEN DEL PROYECTO

Mediante el análisis de las tejas que realizan en la Parroquia La Victoria se puede dar cuenta que no existe un proceso adecuado desde la extracción y selección de la materia prima (arcilla) así como la manera de transportar y la forma de almacenamiento de dicho material en cada uno de los talleres de elaboración de la teja ya que estos factores podrían influir en la elaboración del producto. Al pasar al área de amasada del barro haciéndolo de igual manera en un proceso rustico en el cual arrojan la arcilla a un hueco circular, añaden agua y una vez todo mojado comienza el proceso de mezcla del barro como ellos lo mencionan la realiza una persona con la ayuda de un animal (burro) durante unos 45 minutos aproximadamente, posterior a este paso voltean el material formando una especie de cumulo de arcilla cubriéndolo con plástico evitando la plastificación del barro, para conservar la humedad de la materia prima, se puede mencionar que en este proceso artesanal no es el adecuado ya que genera una mezcla entre sustancias puras e impuras y esta se mezcla con la arcilla alterando el

producto final, y esto hace que la mezcla no sea homogénea, genera que existan partículas de aire razón por la cual tenemos que mejorar todo este proceso realizando previamente pruebas con la arcilla clasificada y evitando toda esta contaminación. Esta mejora la podemos lograr enviando la arcilla directamente hacia una máquina trituradora, posteriormente hacia una maquina amasadora y que el obrero trabaje con el material que arroja la maquina en la elaboración de las tejas para así lograr una mezcla ideal, y mayor resistencia de las mismas para obtener los estándares establecidos por el INEN.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto se considera de mucha importancia debido al alto impacto que tendrá en el mejoramiento de la fabricación de tejas, se busca caracterizar las físicas y mecánicas en la elaboración de las mismas garantizando un producto de calidad y competitivo a nivel local, el mismo va dirigido en especial para la Asociación de Productores Artesanos de La Victoria (APAV) que buscan el mejoramiento de su producto, de hacerlo competitivo en el mercado brindando estándares de calidad haciendo del mismo un producto de exportación internacional, cabe recalcar que no solamente la asociación de la Parroquia La Victoria se beneficiara a todos los artesanos de la Parroquia ya que al ser un sector productor de cerámica y artesanías podrán de manera indirecta ser beneficiados por dicho estudio.

A demás con la elaboración de este proyecto se busca que tanto el sector beneficiado como la Universidad Técnica de Cotopaxi, genere un vínculo de desarrollo poniendo a disposición los resultados del estudio realizado y dando a conocer que dicha institución educativa puede aportar con profesionales capacitados para brindar mejoramiento en la elaboración de los productos que ellos generan.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios directos

Asociación de Productores Artesanos de La Victoria (APAV) y el Tesista.

4.2. Beneficiarios indirectos

Se beneficiará de manera indirecta a propietarios y constructores de viviendas ya que existe un 20% de la demanda constructiva debido el uso de estas tejas por el bajo costos de producción, estética y tradición; adicionalmente a la población de la Parroquia La Victoria dedicada a la producción de tejas y artesanías que indirectamente mejoraran la resistencia de las mismas basándose en los resultados de la investigación.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La gente de la Victoria, no tiene una caracterización adecuada en la parte de la selección de las materias primas y propiedades del producto final ya que fabrican las tejas en base a su experiencia y no tienen un método técnico de calidad para lograr una mejor consistencia de las mismas.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Caracterizar las propiedades mecánicas mediante el estudio de pruebas de flexión y ruptura para la elaboración de Tejas para la APAV pertenecientes a la parroquia La Victoria, con la utilización de materia prima del sector.

6.2. Objetivos Específicos

- Investigar cuales son las propiedades físicas químicas del barro que se utiliza en la elaboración de las tejas de dicha asociación.
- Conocer el proceso de fabricación de tejas realizados en la APAV.
- Analizar la resistencia a flexión de las tejas y a compresión de probetas elaboradas en la asociación, tomando en cuenta los pasos que ellos ejecutan a las mismas.
- Brindar una propuesta adecuada para el mejoramiento de la elaboración de tejas utilizando la misma materia prima, dándole un mejor tratamiento al mismo y si es posible introducir al mercado bajo normas establecidas para su comercialización.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1: Actividades

Objetivo específico	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medio de verificación
Investigar cuales son las propiedades físicas químicas del barro que se utiliza en la elaboración de las tejas de dicha asociación.	Recolección de muestras de barro utilizados.	Clasificación de arcillas.	Fichas de caracterización.
	Análisis de la contextura de las muestras	Caracterización de las muestras	Fichas de caracterización
	Análisis químico de las muestras.	Caracterización de componentes	Fichas de caracterización
Conocer el proceso de fabricación de tejas realizados en la APAV.	Revisión bibliográfica de fuentes secundarias.	Resumen de las técnicas y medios de producción de tejas	Documentos de archivo.
	Verificación de métodos empleados por la APAV	Delimitación de técnicas y medios utilizados.	Ficha de observaciones, reporte de visitas de campo.
Analizar la resistencia a flexión de las tejas y a compresión de probetas elaboradas en la asociación, tomando en cuenta los pasos que ellos ejecutan a las mismas.	Preparación de tejas para diferentes mezclas.	Muestreo para experimentación.	Reporte de visitas de campo
	Tratamiento de termo cocido a probetas.	Homogenización de estructura y endurecimiento de tejas.	Fichas de observación
	Ensayo de compresión y ruptura.	Caracterización de la relación esfuerzo-deformación de las tejas.	Fichas y diagramas de caracterización.

Brindar una propuesta adecuada para el mejoramiento de la elaboración de tejas utilizando la misma materia prima, pero dándole un mejor tratamiento al mismo y logrando introducirlo en el mercado bajo normas establecidas para su comercialización.	Beneficios (refinamiento) del barro.	Procedimiento de lavado, secado y molienda.	Manual de proceso de beneficio.
	Parámetros de composición de la materia prima.	Dosificación de la materia prima.	Manual de proceso.
	Recomendaciones de parámetros de ingeniería para el mejoramiento de la elaboración de tejas	Manual de procedimientos de elaboración bajo normativas.	Documentación del archivo del proyecto.

Fuente: autor

8.- FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. La arcilla como materia prima para la fabricación de tejas

La arcilla es la materia prima primordial para los artesanos de La Victoria ya que con ella lo moldean tejas y figuras de barro.

8.1.1. La Arcilla en el mundo, Ecuador y La Victoria

Registros antiguos nos indican que en las civilizaciones la gente tenía techos hechos de paja, ramas y hojas con pendientes inclinadas para facilitar el flujo de la lluvia; sin embargo, este tipo de materiales no impedían que el agua o las inclemencias del tiempo penetraran dentro de las casas de aquella época. Alrededor del año 2000 A.C. se empezó a utilizar el barro para fabricar tejas para techo en las civilizaciones mesopotámicas alrededor de los Ríos Tigres y Éufrates y casi al mismo tiempo se empezaron a fabricar en China. Posteriormente en Inglaterra se empezó a utilizar la piedra o pizarra como elemento para recubrir los techos.

Las tejas hechas de barro y piedra, vinieron a sustituir los materiales como la paja y las hojas y revolucionaron inmediatamente la manera de proteger las casas en el mundo antiguo. Gracias a las cualidades técnicas e impermeables que ofrecía la teja, su uso pronto se extendió

por todo el mediterráneo siendo utilizada por Griegos y Romanos. Con el paso del tiempo el uso de la teja se extendió por todo el continente Europeo, no solo por sus ventajas de funcionalidad, sino también por su estética y belleza; la teja otorgaba a los hogares esa sensación de buen gusto que tanto distingue a las casas que utilizan este material. A lo largo del tiempo se fueron haciendo tejas de distintas formas y estilos y la teja se fue convirtiendo en un elemento de construcción clásico que llegó para quedarse y que además ha acompañado a la humanidad a lo largo de nuestra historia (Carrasco, 2019).

La teja es una pieza con la que se forman cubiertas en los edificios, para recibir y canalizar el agua de lluvia, la nieve, o el granizo. Hay otros modos de formar las cubiertas.

El empleo de tejas para cubiertas se atribuye a los griegos, que utilizaban placas de cerámica delgada y ligeramente curvada. El arrabal del Kerámikon en Atenas se llamaba así por fabricarse en él tejas cerámicas. Plinio el Viejo dice que los belgas se servían de una piedra blanca y blanda para fabricar las tejas. El palacio de los reyes de Francia tomó el nombre de Tullerías al haber allí antiguamente tejares.

Un tejado tiene dos piezas fundamentales: la teja canal (abreviadamente: la canal), que recoge las aguas de lluvia, llevándolas fuera del perímetro de la construcción, y la pieza o teja cobija (abreviadamente: "la cobija"), que tapa la junta entre las canales (Martínez, 2010).

Se conoce a la minería como a toda actividad productiva en la que se extraen, explotan o benefician los minerales depositados en el suelo y en el subsuelo. De acuerdo con sus características físicas y químicas, los minerales se clasifican en metálicos, no metálicos y energéticos. La minería es una fuente de ingresos muy importante en regiones rurales del país, ocupa a obreros calificados o no, operarios de maquinaria, profesionales de diversas ramas, así como entes gubernamentales. Cabe mencionar que en la rama de minerales No metálicos se clasifican tanto agregados pétreos como minerales de uso industrial tales como: calizas, yeso, arcillas, feldespato, caolín, arena/grava, grafito, baritina, entre otros.

Materias primas No metálicas, en las distintas provincias del país, iniciándose en Loja, en vista de que esta provincia tenía mayor necesidad de desarrollo para la época; posteriormente el inventario fue extendido a todas las provincias del sur del país (Roth., 2015).

Tabla 2: Provincias con arcillas

01 Azuay	02 Bolívar	03 Cañar
04 Carchi	05 Cotopaxi	06 Chimborazo
07 El Oro	08 Esmeraldas	09 Guayas
10 Imbabura	11 Loja	12 Los Ríos
13 Manabí	14 Morona Santiago	15 Napo
16 Pastaza	17 Pichincha	18 Tungurahua
19 Zamora	20 Galápagos	21 Sucumbíos

Fuente: Inventario de Materias Primas No Metálicas

Azuay. La provincia se basa en el desarrollo de la minería No metálica es muy importante, especialmente por la instalación de modernas fábricas de cerámica plana, artística y de vajillas. Como principales depósitos de arcillas caoliníticas de esta provincia cabe mencionar la zona de Tinajillas, el depósito de San Remo y el de Belén. Asimismo, como principales depósitos de arcillas esmectíticas se encuentran el yacimiento de San Andrés, Santa Faz y el afloramiento de Santa Isabel, entre otros.

Bolívar: El aprovechamiento de minerales No metálicos existentes en esta provincia está en relación directa con su relativo desarrollo. La utilización de arcillas en las cercanías de Guaranda para la elaboración de ladrillos, abastece la industria de la construcción de la provincia. De esta provincia son transportadas para su industrialización arcillas caoliníticas y feldespatos a las ciudades de Riobamba y Guayaquil.

Cañar: En esta provincia existen dos polos de producción de ladrillos Azogues (Sierra) y Pancho Negro (Costa). Para el primer caso se utilizan afloramientos de arcillas caoliníticas y feldespatos. En el sector de Pancho Negro la materia prima se extrae de sedimentos cuaternarios, explotándose únicamente de 1 a 3 metros de profundidad, éstos poseen altos contenidos de cuarzo con bajas proporciones de mica, caolinita y feldespatos.

Carchi: La industria cerámica está concentrada en las poblaciones del Tulcán, Chapuel y San Gabriel, se trata de talleres artesanales que fabrican ladrillos y tejas.

Cotopaxi: La industria cerámica gruesa está concentrada en talleres artesanales ubicados en las ciudades de Latacunga, Pujilí y Salcedo, y la cerámica fina en la población de la Victoria, donde se elaboran figuras artesanales de barro y alfarería. En esta provincia se encuentran los yacimientos más importantes de pómez y lapilli del Ecuador (Wolff, 2015).

Hacia el occidente, a 10 kilómetros de Latacunga y a 3 de Pujilí se encuentra la capital alfarera del Ecuador: La Victoria. Es la más antigua de las 7 parroquias del cantón Pujilí en Cotopaxi. Fue parte de la hacienda Mulinliví, cuyos trabajadores se emanciparon y parcelaron las tierras. Vivían de la agricultura y de la ganadería, pero también conocían el arte de moldear el barro por herencia de sus ancestros, los panzaleos. Al pueblo se lo identificaba con el mismo nombre de la hacienda, pero cuando se buscó la parroquialización sus moradores decidieron llamarla La Victoria. Fue así porque los seguidores del ex presidente José María Velasco Ibarra proclamaron a gritos su primera victoria electoral en el centro de ese poblado. Eran los años treinta. En la actualidad, La Victoria cuenta con 3.060 habitantes distribuidos en 3 Comunidades: El Tejar, El Calvario y Collantes Chucutisí. Y 8 Barrios: San José, Centro, Santo Domingo, Santa Roza de Ilinchisí, Santa Roza de Chilcaloma, Mulinliví Centro, Mulinliví Norte, y el Paraíso. El 70% de ellos se dedica a la alfarería que se convirtió también en una manifestación cultural y un rasgo de identidad (R&V, 2018). Hoy se la valora desde 4 aspectos: cotidiana y funcional, ritual y ceremonial, estética y comercial. Los lugareños desarrollaron un talento que los volvió unos virtuosos del barro, tras 50 años de práctica incesante. Aprendieron de un grupo de extranjeros de la Misión Andina que instalaron una fábrica de cerámica en el barrio El Tejar. Los primeros obreros fueron vecinos del lugar. Y como ocurre en estos casos, aprendieron el oficio de elaborar figuras con la utilización de moldes. Con el paso del tiempo y cuando los misioneros se fueron, estos nuevos artesanos adecuaron sus talleres en los que predominó la producción de juguetes. Después se abrieron a la actividad de la construcción con tejas y tejuelos. También manufacturaban tinajas, pundos, ollas, vajillas, ceniceros, macetas y alcancías. El barro que utilizan proviene de las minas de las parroquias El Tingo y La Esperanza, situadas a 30 minutos de La Victoria. Ese material se mezcla con agua y con una técnica de ablandamiento con los pies se vuelve una masa compacta. La exhibición y comercialización de los productos se realizan anualmente en las Fiestas de la Cerámica, en días de Carnaval. Así como en el festival ‘Cántaro de Oro’ que se realiza en enero. Cuentan que los talleres pueden ser visitados permanentemente. Los turistas gustan de observar toda la producción. En los años setenta y ochenta, del siglo XX, la alfarería alcanzó fama nacional e internacional. En 1991, los artesanos lograron su personería

jurídica con el propósito de tecnificarse. En la actualidad, la mayoría introdujo técnicas modernas amigables con el ambiente y la salud para la elaboración, acabado y pintura. “Es como moldear la vida. El barro es una extensión de mi cuerpo y los objetos son como mis hijos”, dijo Marcelo Acosta, quien cambió el barniz con plomo por resina para dar brillo a sus barros (Telegrafo, 2018).

8.1.2. Características de la arcilla

Arcilla, Está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratado, procedente de la descomposición de minerales de aluminio.

Porosidad, cuando se va a realizar trabajos de objetos vidriados o para composición la misma pasta cerámica, se requiere que la arcilla tenga porosidad, es decir para que sea apropiada para la elaboración de objetos, debe tener, plasticidad, porosidad y resistencia que lo dan las arcillas de acuerdo a su formulación (VIERA, s.f).

Características principales, Plasticidad mediante la adición de una cierta cantidad de agua, la arcilla puede adquirir la forma que uno desee.

Refractariedad, Es decir resisten los aumentos de temperatura.

Transpirable, Merma debido a la evaporación del agua contenida en la pasta se produce un encogimiento o merma durante el secado

Textura, Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa (Guetto, 2012).

Porosidad, es la capacidad de un material de absorber líquidos.

Color, Las arcillas presentan coloraciones diversas después de la cocción debido a la presencia en ellas de óxido de hierro, carbonato cálcico.

Tixotropía, La tixotropía se define como el fenómeno consistente en la pérdida de resistencia de un coloide, al amasarlo, y su posterior recuperación con el tiempo. Las arcillas tixotrópicas cuando son amasadas se convierten en un verdadero líquido. Si, a continuación, se las deja en reposo recuperan la cohesión, así como el comportamiento sólido (Daniel Zuluaga Castrillón, 2016).

8.1.3. Composición Química

Principales componentes químicos que sobresalen de la arcilla

Tabla 3: Influencia de componentes químicos en la arcilla

Fosforo	Dentro de la arcilla el fosforo influye en mantener el equilibrio del intercambio catiónico, lo cual al ser mezclado con otro elemento liquido lo compacta con mayor facilidad debido a su rápida absorción.
Potasio	Posee iones con carga positiva y actúa como una capa protectora alrededor de las partículas arcillosas lo cual lo proporciona una alta dureza.
Magnesio	La descomposición del magnesio es muy lenta debido a su composición estructural, lo cual ayuda alargar la vida útil de la teja.
Cobre	Es un elemento que ayuda a tener plasticidad lo cual se debe a las combinaciones de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas.
Hierro	La presencia de un alto contenido de hierro en la arcilla actúa durante la quema del producto dando el color característico rojizo a la teja.
Calcio	La presencia de calcio en la arcilla ayuda al secado en las tejas ya que producen un incremento de absorción de la humedad debido que su capacidad de secante se mantiene prácticamente constante, secando el producto final en menor tiempo.

Fuente: (Castellanos, 2006)

8.1.4. Propiedades de las arcillas

Plasticidad. Una de las propiedades de las arcillas es la elevada plasticidad de las arcillas es consecuencia de su morfología laminar, tamaño de partícula extremadamente pequeñas.

Se puede decir que la característica física la más significativa es la plasticidad, cuya función es la de no deformarse sin agrietarse ante un esfuerzo mecánico conservando la deformación al retirarse la carga.

Semiplásticas, tienen menor plasticidad y se pueden romper fácilmente en el momento que se realiza el proceso de producción de cualquier objeto sea artesanal o de construcción por ello es aconsejable la dosificación de materiales entre plástica, semiplásticas y antiplásticas. Para la elaboración de la artesanía solos e lo puede realizar mediante la formulación y dosificación de arcillas.

Anti plásticas, son de muy difícil uso debido a su escasa plasticidad, sin embargo, es utilizada para la fabricación de ladrillos aislantes para la construcción de hornos de cocción de cerámica (Castrillon, 2016).

8.1.5. Clasificación de arcillas

Las arcillas se clasifican en:

- Arcillas plásticas
- Arcillas semiplásticas
- Arcillas anti plásticas

Las acillas plásticas, permiten fácilmente el moldeo de las artesanías, tienden a romperse antes de separarse del molde debido a la contracción que sufre el objeto durante el secamiento, es decir en el momento de separar del molde en el que se trabaja, cuando se aplica el método de colado en moldes de yeso. Durante la cocción es compacta y lisa y se lo puede hacer entre los 600 y 800 grados centígrados en hornos comunes si su dosificación lo ha realizado mezclada con barro (BARBA, 2007).

Mientras que cuando se lo realiza en método de torneado no tiene ningún inconveniente durante su proceso ni secamiento, son piezas duras fácil para manipularlas.

Arcillas semiplásticas, sus propiedades son porosas y de fácil trizamiento su cocción de lo realiza sobre los 1.000 grados centígrados.

Acillas anti plásticas, son muy difíciles para su dosificación para poder elaborar objetos sus partículas no se compactan, se lo puede utilizar como material aislante.

Para poder modelar objetos es necesario realizar su dosificación misma que comúnmente está compuesto de un 60% de arcilla plástica y que tenga buena resistencia, esta actividad lo realizan los artesanos sin la debida formulación.

Los materiales dosificados se los muelen y luego se procede a tamizar y luego es amasado para ponerle a reposar por varios días a fin de obtener los mejores resultados.

Generalmente la arcilla está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de minerales de aluminio, y se encuentran en lugares estratégicos, no en todos lugares existe este tipo de material, en el Ecuador las minas más conocidas están ubicadas en Cuenca, en el Oriente en el Tena, Macas y Puyo, en la provincia de Cotopaxi en el Cantón Sigchos, son las más cercanas para los por los alfareros o ceramistas de La Victoria (CHAVEZ, 2014) .

8.2. Procesos de fabricación de tejas y probetas

Estos procesos son realizados de una manera rustica cuya práctica lo vienen realizando desde hace décadas atrás.

8.2.1. Extracción de materia prima

Esta actividad es desarrollada por terceras personas, la cual consiste en la extracción de suelo arcilloso (se desconoce su composición química) de las minas ubicadas en el sector del Tingo del Cantón Pujilí.

El material no es seleccionado adecuadamente dada la actividad productiva, según los artesanos no se requieren “pureza” en la arcilla. La misma que es transportada en volquetas hasta el lugar de los talleres artesanales.

8.2.2. Secado de materia prima

Consiste en quitar la humedad con la que el material llega de las minas, esto se lo realiza mediante la exposición directa al sol.

Aproximadamente cada 45 minutos se remueve el material para asegurar el secado uniforme, esta actividad se la realiza con los pies. Según las condiciones climáticas el secado en su punto óptimo se alcanza en 8 horas (Vaca, 2017).

Figura 1: Secado del barro



Fuente: Autor

8.2.3. Mezclado

Las arcillas se disgregaron manualmente y se elaboraron las mezclas respectivas. Se agregó agua, en la cantidad de 5 puntos por encima del límite plástico, se amasó manualmente hasta conseguir una consistencia uniforme. Posteriormente, las pastas se sometieron a un proceso de maduración durante unas 12 horas para garantizar la máxima plasticidad de las mismas.

Figura 2: Mezclado del barro



Fuente: Gavilanes Cristian

8.2.4. Amasado

Conocido en el argot de los alfareros como “bailada”, corresponde a la acción de lograr una mezcla consistente, homogénea y maleable que se consigue combinando adecuadamente agua y arcilla

Para este proceso se procede a llenar de agua y dejar por un día para que pueda intimar el agua y las arcillas. Al siguiente día se procede a “virar el barro” método que consiste en coger la mezcla con una pala y tirarla dentro del recipiente este proceso se realiza en un periodo de dos a tres horas seguidas, y después se deja reposar el barro durante la noche.

Se conoce que también este proceso se lo desarrollo a pie descalzo o con botas y se ayudan para pisotear el barro de asnos o ganado bovino al que hacen giran en un espacio reducido para lograr el punto de moldeabilidad deseada. Normalmente más blanda que para cualquier otro proceso.

Figura 3: Bailada del barro



Fuente: Autor

8.2.5. Moldeado

Luego a través de carretillas la mezcla es llevada a las mesas donde se procede a realizar el moldeo a través de pequeños moldes se da forma a la teja la misma que luego es retirada del molde y llevada a secarla.

Figura 4: Moldeo de la arcilla



Fuente: Autor

8.2.5.1 Proceso de moldeado

- Lavado de molde para retirar grumos del moldeo anterior – 20 segundos.
- Planchado: Colocado de barro en el molde y alisado de forma plana - 40 segundos.
- Parada: Darle la curvatura necesaria mediante moldeo y ponerla en el piso para su endurecimiento y posterior secado - 30 segundos.

8.2.6. Secado de la teja

En relación a este aspecto según (ROMERO, 2018) alfarero de la parroquia la victoria y productor de tejas nos dice que “El proceso de secado es un método común que lo ponen a la teja en el piso y con la temperatura ambiente y los rayos solares se va secando automáticamente” así pues considerando esto cabe recalcar que este proceso no tiene un tiempo específico ya depende de la radiación solar puede ser entre uno o dos días comúnmente y si las condiciones climáticas son adversas lo recogen toda la teja y lo guardan para que no le coja la lluvia ya que si lo moja estas tejas se derriten automáticamente.

Figura 5: Secado de la teja



Fuente: Autor

8.2.7. Cocción

La cocción se produce por medio de calor seco, este proceso se lo desarrolla en hornos especiales contruidos artesanalmente en ladrillo. Se debe tener en cuenta que no se tiene una medición exacta del nivel de temperatura que alcanza, pero de acuerdo a estudios realizados alcanza una temperatura de 600°C a 800°C más bien corresponde a la materia prima que lo utilicen para la quema y la experticia del artesano lo cual está definido en función del tiempo de quema.

Figura 6. Cocción en el horno



Fuente: Autor

8.2.8. Preparación de teja para acabado superficial vidriado

Corresponde a la aplicación por baño de una sustancia que, tras fundirse en un horno, toma una apariencia cristalina dándole un acabado superficial muy característico de la teja de La Victoria. Este proceso es opcional ya que representa un acabado superficial solicitado por el cliente, que de paso es el más recurrente debido a la impermeabilización que este genera al producto teja. La preparación de esta solución acuosa para el vidriado, para lo cual utilizan Frita (material vitrio) conjuntamente con el agua como base de la mezcla y para obtener coloración café o verde, carbón de pilas de reciclaje o cobre respectivamente este proceso no es definido en el tiempo.

8.2.9. Transporte

Una vez realizada la quema, se procede a sacar desde el horno después de unas 24 horas aproximadamente ya que en esas instancias el objeto se encuentra en una temperatura

accesible para poder ser manipulada para luego ser llevada hacia el lugar donde va ser almacenada, tomando en cuenta que se las coloca a la intemperie esperando hasta ser expandida en el mercado.

8.3. Producto terminado

Según las normas Ecuatorianas INEN nos dan a conocer los pasos de selección y de pruebas para los ensayos.

8.3.1. Muestreo Inspección y Recepción

En este ámbito la Norma INEN 987 nos da a conocer tres tipos de selección para realizar la aceptación debida de las tejas las mismas que son:

Aleatoria, esta hace referencia cuando cada elemento del lote brinda la posibilidad de representar la muestra.

Estratificada, se produce cuando los lotes pueden dividirse de tal manera que de cada uno de dichos grupos se pueda obtener una muestra separada.

Sistemática, en este caso los componentes del lote se representan en una forma ordenada simplificando el muestreo al escoger sus unidades a intervalos regulares.

Con relación al tamaño de la muestra la norma INEN 990 da a conocer que el número de unidades de muestreo que se extraiga del lote debe ser basado en la tabla de criterio de aceptación y rechazo de los lotes de inspección.

Tabla 4: Criterio de aceptación y rechazo de los lotes de inspección

Tamaño del lote	Unidades de muestreo	Ac1	Rc1	Ac2	Rc2
Hasta	20	2	5	6	7
De 10001 hasta 35000	32	3	7	8	9
Mas de 35000	50	5	9	12	13

Fuente: Norma INEN 987

Para el respectivo análisis de cada muestreo se considera ciertos criterios que la (INEN987, 2009) da a conocer sobre la aceptación o rechazo del lote son:

Tabla 5: Criterios INEN 987 sobre la aceptación o rechazo del lote

Codificació n	Significado	Nivel
Ac1	El número de unidades defectuosas es igual al número de aceptación de la tabla	Aceptación
Rc1	La cantidad de unidades defectuosas del lote es mayor al indicado en la tabla	Rechazado
Ac1-Rc1	Genera una nueva prueba de muestreo por existir igualdad de aceptación y rechazo para determinar su condición.	Comprobación
Ac2	Cuando la cantidad de unidades defectuosas es igual o menor al indicado en la tabla será aceptado el lote	Aceptado
Rc2	Si el número de unidades defectuosas es mayor o igual a lo indicado en la tabla el lote será rechazado.	Rechazado

Fuente: Norma INEN 987

8.4. Ensayo por compresión

Método para determinar el comportamiento de materiales bajo cargas aplastantes. La probeta se comprime y se registra la deformación con distintas cargas (Rodríguez, 2017).

El ensayo de compresión se realiza para determinar las propiedades de un material frente a una sollicitación axial negativa. Sollicitación que pretende comprimir la probeta de ensayo. El fin del ensayo de compresión puede ser determinar las propiedades de un material o el comportamiento de un componente o sistema completo frente a una sollicitación externa.

Figura 7. Ensayos de Compresión



Fuente: Autor

- **Determinación de la masa:** La masa indica la cantidad de materia contenida en un cuerpo. Para las probetas, se toma el peso seco en la balanza digital, después de secarlos al horno 24 horas. Se limpian las probetas con una brocha y luego se colocan en el horno por 24 horas. Posteriormente se dejan enfriar por 4 horas y se pesa cada uno en la balanza digital (Bianucci, 2009).
- **La medición de tamaño:** Se refiere a la obtención de dimensiones de las probetas, lo que incluye largo, ancho y alto. Se limpian los ladrillos con una brocha y se colocan en el horno por 24 horas. Posteriormente se dejan enfriar por 4 horas. Luego se mide la longitud a través de ambos lechos y a lo largo de las dos caras, desde los puntos medios de los bordes que limitan los extremos con el pie de rey. Se mide también la altura en el punto medio de ambos extremos y del borde central de cada lecho del ladrillo con el pie de rey.
- **Resistencia a compresión:** Esta se define como el esfuerzo máximo que soporta un material bajo una carga de aplastamiento. Para realizar esta prueba se cubren las dos caras horizontales de las probetas con mortero en una proporción de 1:2, para nivelar dichas caras de las probetas. Las probetas se analizan a una misma edad. En este caso la edad de ensayo fue 15 días desde su fabricación.

8.5. Ensayo de flexión en tejas curvas

Para realizar el ensayo correspondiente en la Norma INEN 988 da a conocer que este tipo de ensayo se genera con la aplicación de una carga vertical progresiva sobre una teja colocada de forma horizontalmente sobre unos soportes separados hasta llegar a la rotura de la misma.

Así pues, para este tipo de ensayo se debe utilizar una maquina apropiada para ensayos de flexión la misma que debe contar con una pieza de acero de carga y apoyo.

8.5.1. Procedimiento para la realización del ensayo a flexión

Según la norma (INEN988, 2009) en su literal 4.3 puntualiza aspectos a cumplirse para realizarse los ensayos a flexión para lo cual considera los siguientes aspectos:

- Colocar la muestra con el lomo hacia arriba centrado sobre cuatro puntos de apoyo dos en cada extremo o boca.
- Situar dos soportes en cada extremo a 15cm de la línea transversal del centro de la teja, generando un espacio libre de 30cm entre los apoyos.
- Aplicar la carga sobre la superficie preparada a una velocidad de 40 a 50 Kg/min.

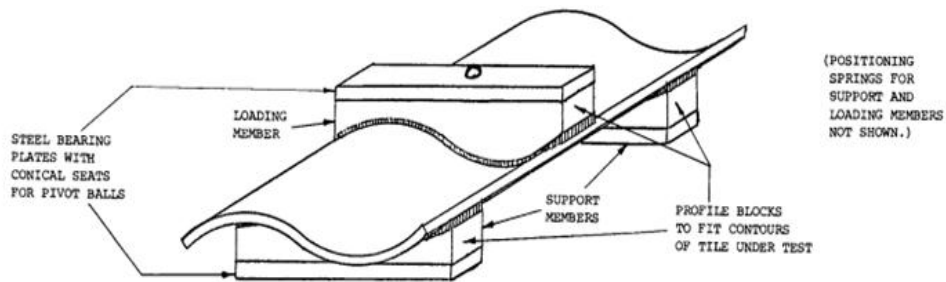
Entonces al realizar este ensayo se debe considerar que la resistencia a flexión de cada muestra está dada por la carga de rotura que emite la máquina. Así pues, el resultado será la media aritmética de los valores obtenidos de 5 muestras ensayadas.

Para cumplir con normativa la teja debe probarse en un modo de flexión de tres puntos en un plano horizontal con la superficie inferior de la teja descansando sobre dos miembros de soporte inferiores con la carga aplicada a la superficie superior expuesta de la teja mediante un tercer miembro que se mueve en una dirección perpendicular al plano de la teja y se aplicara la fuerza en la mitad del tramo, es decir que debe equidistar de cada uno de los miembros inferiores del superior

Las condiciones que deben cumplir tanto los soportes inferiores y el soporte de carga deben ser de metal o madera dura con dimensiones de caras de 1 pulg. (25 mm) + - 5% de ancho. Las caras deben estar acorde al diseño del elemento para ajustarse estrechamente al perfil de la superficie de la teja sobre la cual se encuentran durante la prueba.

Se debe tener en cuenta que no se pueden usar diferentes perfiles para cada miembro ya que estos van dependiendo del perfil y la sección transversal de la teja, además de ello se debe cubrir los soportes una tira ya sea de goma para que tome la forma de la teja los soportes utilizados para las pruebas.

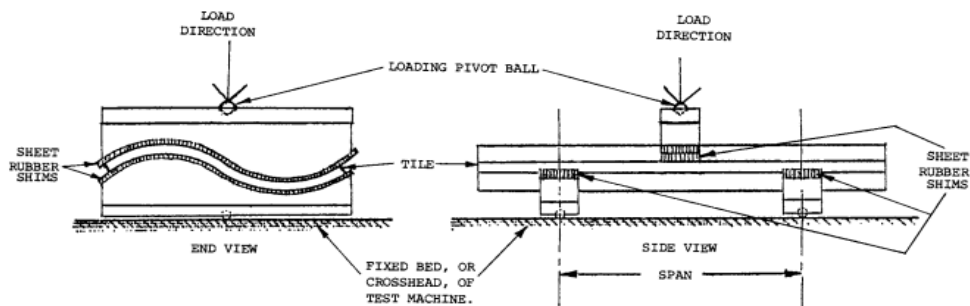
Figura 8: Disposición de apoyos para ensayos a flexión



Fuente. ASTM C-1167

Las tejas deben estar sometidas a una carga uniforme, continua y sin golpes, a una velocidad que no exceda las 1000 lbf/min o 4550 N/min hasta el momento de fractura. Se debe considerar el promedio de las cinco pruebas y el resultado individual mínimo.

Figura 9: Disposición para aplicación de fuerza de ensayos a flexión



Fuente. ASTM C-1167

Según la norma (ASTMC67, 2008) con relación al módulo de pruebas de flexión da a conocer varios aspectos a ser tomados en cuenta para la realización del mismo, para esto se debe tomar un número de cinco especímenes de prueba que deberán tener unidades de tamaño completo secas.

La muestra sometida a prueba debe ser colocada boca abajo, apoyada sobre dos apoyos en sus extremos tomando en cuenta la disposición de la norma con relación a la distancia que deben ser colocados dichos apoyos.

Si la muestra sometida a prueba no tiene una fijación uniforme con relación a los apoyos se deberá colocar una tira de goma con la finalidad de garantizar el contacto fijo entre los apoyos y el espécimen de prueba.

La aplicación de la carga se deberá realizar a la superficie superior de la muestra mediante una placa de acero con dimensiones 1 ¼ pulg (6,35 mm) de grosor y 1 ½ pulg (38,10 mm) de ancho y con una longitud de al menos el ancho del espécimen.

Se debe asegurarse de que los soportes para la muestra de ensayo roten libremente en las direcciones longitudinal y transversal de la muestra de prueba y ajústelos de modo que no ejerzan fuerza en estas direcciones.

La velocidad de prueba para carga la misma que no debe exceder 8896 N/min este requisito se considerara cumplido siempre que la velocidad del cabezal móvil de la máquina de prueba no sea inmediatamente antes de la aplicación de la carga más de 1.27 mm / min.

9. HIPÓTESIS

Las condiciones mecánicas de las tejas dando mejor tratamiento a la materia prima y tomando en cuenta el tiempo de secado y cocido mejoran su resistencia.

9.1 Causa- efecto

Tabla 6: Causa- efecto

Mala calidad de la materia prima	Técnicas inadecuadas para la elaboración	Sector adecuado para la investigación
Las tejas que se fabrica en la Parroquia La Victoria son de baja resistencia		
El desconocimiento de las propiedades del material	Producto no muy cotizado por los clientes	Ubicación geográfica

Fuente: Autor

10. METODOLOGÍA

Para esta investigación las estrategias metodológicas tuvieron la finalidad de mejorar la característica de resistencia de la teja con la materia prima existente en el Cantón Pujilí que cumpla con requisitos de resistividad.

Esta investigación es clasificada de acuerdo a su finalidad como una investigación aplicada, debido a la aplicación de conocimientos, tales como son los ensayos que se requieren en la práctica para la elaboración de teja de calidad.

La investigación se va a desarrollar dentro de un campo de conocimientos científicos, cuyos resultados van a ser obtenidos metódicamente y con reglas explícitas dadas por las normas.

En el contexto de metodología se debe considerar varios aspectos para el análisis del material de estudio (teja) para lo cual se debe considerar puntos específicos que emiten las normas ASTM (C-42C-43, C-67, C-297, C-1167) ASTM (D – 6913, D-2216, D4318) e INEN (986, 987, 988, 989,990).

10.1. Fabricación de las probetas cerámicas

El material arcilloso, descrito en el apartado anterior, se amasa con un 5% en peso de agua para su conformado y se dejó reposar durante 72 horas en bolsas herméticas.

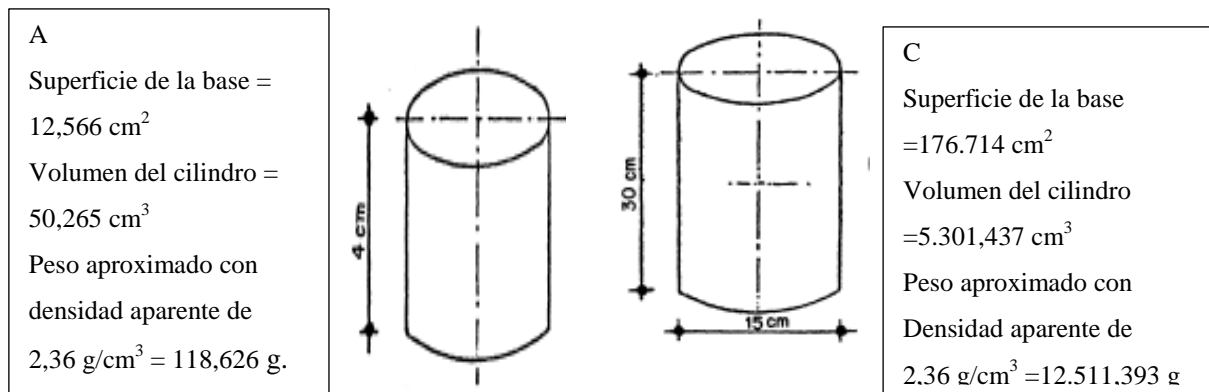
Este es el trabajo que se presenta: obtener la resistencia de las probetas de arcillas colocado por ensayo del mismo en el Laboratorio, diferentemente a como se realiza. Que sea más cómodo, barato, fiable y suficientemente representativo de la resistencia de la teja que se realiza en la Parroquia La Victoria.

10.2. Forma y tamaño de las probetas

Cilíndricas de 4 cm de diámetro y 4 cm de altura.

Probeta cilíndrica de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. Probeta cilíndrica de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura (Jorba, s.f).

Figura 10: Dimensiones de las probetas.



Fuente: (Jorba, s.f)

10.3. Fabricación de probetas

- Se fabrican 160 series de tres probetas:
- Estas series provienen de amasadas distintas, realizadas con la misma dosificación.
- De cada amasada se toman tres probetas cilíndricas de 15 X 30 cm (C) y tres probetas cilíndricas de 4 X 4 cm (A).
- Al romper las tres probetas de cada tamaño, se obtiene un solo valor medio que representa la amasada.

10.4. Condición de pruebas a flexión

El tramo que se elija para la prueba deberá ser de “12 pulg. (30,5 cm) + - 5% o 2/3 de la longitud de la losa, lo que sea mayor” según (ASTMC1167 International, 2003). Para conseguir esto el tramo debe ser medido entre los centros de los miembros de soporte inferiores.

Para la realización de las pruebas a las cuales serán sometidas las tejas no está prohibido utilizar un tramo más corto que el requerido, cuando la longitud de la teja que se va a probar no es suficiente para permitir el uso de un tramo de 12 pulgadas (30,5 cm) (ASTMC1167 International, 2003).

En el caso que exista un lapso más corto, no menos de dos tercios de la longitud de la teja, se utilizarán y los valores mínimos requeridos, se incrementarán proporcionalmente a la reducción en el lapso, es decir, se multiplicarán usando la fórmula:

$$L_T = \frac{12}{\text{tramo usado (in)}} \quad \text{ecuación 1}$$

Tabla 7: Requisitos de resistencia transversal de ruptura

Type (All Grades)	Wet Transverse Strength, min, lbf (N)		Dry Transverse Strength, min, lbf (N)	
	Average of Five Tiles	Individual Tile	Average of Five Tiles	Individual Tile
Type I—High Profile	300 (1334)	260 (1157)	400 (1779)	350 (1556)
Type II—Low Profile	225 (1001)	200 (890)	300 (1334)	250 (1112)
Type III—Other Tiles	225 (1001)	200 (890)	300 (1334)	250 (1112)

Fuente. Norma ASTM C-1127

10.5. Cálculo

Calcule e informe el módulo de ruptura de cada espécimen al valor más cercano a 1 psi (0.01 MPa) de la siguiente manera:

$$S = \frac{3W \left(\frac{l}{2-x} \right)}{bd^2} \quad \text{ecuación 2}$$

En donde:

S = módulo de ruptura de la muestra en el plano de falla, (Pa).

W = carga máxima indicada por la máquina de prueba, (N).

l = distancia entre los soportes, (mm).

b = ancho neto, (cara a cara menos huecos), de la muestra en el plano de falla, (mm).

d = profundidad, (superficie de la cama a la superficie del lecho), de la muestra en el plano de la falla, (mm).

x = distancia promedio desde la mitad del espécimen al plano de falla medida en la dirección del tramo a lo largo de la línea central de la superficie del lecho sometida a tensión (López-Muñoz, 2014).

10.6. Caracterización del sector minero:

El sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator), por definición, es un sistema basado en la proyección cartográfica de Mercator, sus unidades son los metros a nivel del mar, que es la base del sistema de referencia (Fernández-Coppel).

Tabla 8: Georreferenciación de las minas

Ubicación El Tingo	Ubicación La Victoria
Coordenadas: X 7864288	Coordenadas: X 7552679
Coordenadas: Y 9679663	Coordenadas: Y 9899888
Área de extensión de las minas: 2300 m ²	Área de extensión de las minas: 2800 m ²

Fuente: Autor

10.7. Preparación de probetas cilíndricas y Tejas de arcilla

El material (arcilla) se lo extrae de la mina a partir de un metro de profundidad, es decir que según los perfiles del suelo para la elaboración de las tejas y cilindros se utilizó la arcilla del horizonte B y horizonte C.

Figura 11: Mina de extracción



Fuente: Autor

10.7.1. Transporte

La arcilla extraída de la mina se la transporta en una volqueta cubierto el material y se descarga en los talleres de los artesanos o lugar donde se va a continuar con el proceso de elaboración y fabricación de tejas y otros objetos.

Figura 12: Transporte de arcilla



Fuente: Autor

10.7.2. Cubrimiento de la arcilla.

Posterior al descargue se lo voltea de manera que se forme un cumulo del material y se procede a tapar con un plástico evitando de esta manera la mezcla directa con otras sustancias como la lluvia, polvo, piedras etc. Ya que la mezcla con otra sustancia es una de las causas principales para la alteración del material y provoque una baja resistencia en el producto final.

Figura 13: Cubrimiento de la arcilla.



Fuente: Autor

10.7.3. Secado de la materia prima

Consiste en quitar la humedad con la que el material llega de las minas, esto se lo realiza mediante la exposición directa al sol.

Aproximadamente cada 45 minutos se remueve el material para asegurar el secado uniforme, esta actividad se lo realiza con un rastrillo de madera. Según las condiciones climáticas el secado en su punto óptimo se alcanza en 8 horas.

Figura 14: Secado de la arcilla.



Fuente: Autor

10.7.4. Triturado

El proceso del triturado se lo realiza llevando el material seco hacia una máquina moledora la cual nos entrega la arcilla en partículas finas este material se lo recibe directamente en sacos o lonas desde la tolva evitando la mezcla con otras sustancias.

Figura 15: Triturado de la arcilla



Fuente: Autor

10.7.5. Lavado de la arcilla

Se debe realizar el lavado de la materia prima para lograr separar las partículas gruesas con las finas lo cual aporta en obtener una arcilla con un alto contenido de pureza.

10.7.6. Mezclado

Para lograr una mezcla homogénea se coloca la arcilla triturada semi húmeda en la maquina mezcladora, mientras esta va realizando su mezcla sodificada se va colocando más material en la misma para luego tener el suficiente material listo para proceder a colocar en el siguiente paso.

Figura 16: Molida de la arcilla



Fuente: Autor

10.7.7. Amasado y Moldeado Probetas.

Se lo realiza con la arcilla completamente plástica colocando el barro en un molde elaborado de tubo PVC de 4 centímetros de diámetro por 4 centímetros de alto, presionándolo con la ayuda de un martillo de goma con la finalidad que las probetas cilíndricas queden totalmente compactas.

10.7.8. Amasado y Moldeado de las Tejas

Se lo realiza con la arcilla completamente plástica colocando el barro en un molde rectangular, golpeándola suavemente con las manos haciendo que el material se distribuya por todo el molde, posteriormente se presiona con una tabla de madera toda la masa con la

finalidad que tome una forma lisa. Finalmente, todo este material se lo coloca en otro molde donde toma la forma de una teja curva.

10.7.9. Secado de Probetas

Este proceso se efectúa bajo sombra durante 8 a 9 días aproximadamente, una vez secos el molde (tubo PVC) se va desprendiendo del cilindro de esta manera se obtendrá las probetas cilíndricas para continuar con el siguiente proceso.

Figura 17: Secado de las probetas.



Fuente: Autor

10.7.10. Secado de las Tejas

Este proceso se lo realiza bajo sombra de una manera muy cuidadosa para que las tejas no se tricen o se rompan mientras estas están siendo expuestas al secado al momento de colocarlas en el piso sobre una superficie plana formando varias filas, el tiempo depende de las condiciones climáticas, aunque oscila entre 8 a 24 horas.

10.7.11. Quema

La quema de las tejas y las probetas fueron realizadas en dos tipos de hornos, refractario y de ladrillo siendo que el primero llega a los 1000°C y el común alcanza los 800°C

Para empezar con la quema se debe colocar de manera adecuada la teja al interior del horno, y se debe seguir los siguientes pasos:

- Verificar que la teja a quemarse este completamente seca.
- Colocar la teja en el horno, dejando espacios libres desde la parte inferior hasta la superior, 4 filas antes del llenado total, luego colocar en forma estrecha la teja sin dejar espacios libres para evitar pérdidas de calor y lograr una distribución uniforme de calor, luego se procede al sellado.

10.8. Materiales y métodos

A continuación, explico cómo se realizó la investigación con los diferentes materiales.

Tabla 9: Materiales utilizados

Listado de materiales a flexión				
N.-	MATERIAL	Cantidad	Unidad	Descripción
1	Molde para teja	2	S/N	Esta constituido de acero con unas dimensiones de 35 cm x 20 cm con un espesor de 1 cm
2	Arcilla	100	Lb	La arcilla es una roca sedimentaria descompuesta constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura.
3	Teja	15	S/N	La teja es una pieza con la que se forman cubiertas en los edificios, para recibir y canalizar el agua de lluvia, la nieve, o el granizo. Hay otros modos de formar las cubiertas, pero cuando se hacen con tejas, reciben el nombre de tejados.
4	Soportes de madera	9	S/N	
5	Placas de acero	3	S/N	

6	Prensa para ensayo a Flexión	1	S/N	La prensa hidráulica es una máquina de las siguientes características TINWS OLSEN de capacidad de 30 toneladas y que utiliza un software para analizar Mtestquattro es un mecanismo conformado por vasos comunicantes impulsados por pistones de diferentes áreas que, mediante una pequeña fuerza sobre el pistón de menor área, permite obtener una fuerza mayor en el pistón de mayor área
---	------------------------------	---	-----	---

Fuente: Autor

Tabla 10: Materiales utilizados a compresión

Listado de materiales a compresión				
N.-	MATERIAL	Cantidad	Unidad	Descripción
1	Probetas de arcilla	5	S/N	Las probetas son de una dimensión de 4cm de diámetro por 4cm de altura.
2	Arcilla	20	Lb	Roca sedimentaria descompuesta constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespatos, como el granito
3	Calibrador pie de rey	2	S/N	Instrumento de medición, principalmente de diámetros exteriores, interiores y profundidades, utilizado en el ámbito industrial.
4	Flexómetro	2	S/N	Instrumento de medición el cual es coincido con el nombre de cinta métrica, con la particularidad de que está construido por una delgada cinta metálica flexible, dividida en unidades de medición, y que se enrolla dentro de una carcasa metálica o de plástico

Fuente: Autor

10.8.1. Diseño experimental

Esta técnica es la que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio.

Tabla 11: Métodos y técnicas

Nº	MÉTODO	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
1	Método histórico-lógico: Basado en el estudio del desarrollo de las teorías relacionadas con el proceso de beneficio de arcillas y su tratamiento de termo-cocido.	Observación	Durómetro, prensa de ensayos universales.
2	Método inductivo-deductivo Con relación al establecimiento de las limitaciones de las teorías y las expresiones empíricas desarrolladas en otras investigaciones para la determinación de dureza y relación esfuerzo deformación.	Observación	Durómetro, prensa de ensayos universales.
3	Método de modelación Para la obtención de modelos, basado en los principios de la relación esfuerzo deformación y las propiedades físicas y químicas de la arcilla y la influencia de mezclas.	Observación	Prensa de ensayos universales, análisis químico
4	Método de investigación experimental Basada a la caracterización físico químico de la arcilla y la obtención de datos experimentales necesarios para validar y describir las principales regularidades del proceso de tratamiento y producción de tejas; en el mismo se aplicará el diseño de experimento factorial completo.	Primaria: Observación Secundaria: Documentación	Análisis químico
5	Método computacional Para la modelación, simulación procesamiento estadístico de los datos experimentales, el ajuste de modelos y el diseño de instrumentos y máquinas para el proceso semi- industrial	Primaria: Observación Secundaria: Documentación	Modelación simulación procesamiento estadístico computacional

Fuente: Autor

La aplicación adecuada de los métodos antes mencionados, garantiza la confección de los procedimientos para la extrapolación y réplica de resultados a los productores de tejas de asociados y no asociados de La Victoria y otras regiones con las mismas perspectivas de producción.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se explica los datos obtenidos en la investigación.

11.1. Análisis de la composición física y química de las arcillas y resultados

Los resultados de la Estación Experimental Santa Catalina evidencian que las arcillas tienen los mismos componentes químicos, pero dentro de ello la del tingo tiene un pH neutro, mientras tanto que la arcilla de La Victoria tiene un pH Alcalino.

Tabla 12: Comparación de los componentes químicos

Nutriente:	La Victoria	El Tingo
Nitrogeno	Bajo	Medio
Fosforo	Alto	Alto
Azufre	Bajo	Bajo
Potacio	Alto	Alto
Calcio	Alto	Alto
Magnesio	Alto	Alto
Zing	Bajo	Medio
Cobre	Alto	Alto
Hierro	Medio	Alto
Manganeso	Bajo	Bajo
Boro	Bajo	Medio
Ph	Alcalino	Neutro
Molibdeno	Bajo	Bajo

Fuente: Autor

En la tabla N°12 La arcilla del sector del Tingo presenta un Ph de 7.0(Neutro), esto se debe a la capacidad de intercambio catiónico presente en la arcilla mientras que la arcilla del sector de La Victoria presenta un Ph de 8.0(Alcalino) presentando una carga total negativa, es decir limita la absorción de líquidos.

Tabla 13: Resultados obtenidos del análisis de la composición química.

La Victoria								
Elemento	N	P	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
Ppm	28.0	23.0	4.40	0.30	7.00	29.0	0.60	0.90
El Tingo								
Elemento	N	P	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
Ppm	56.0	57.0	3.80	2.40	8.40	54.0	0.60	1.10

Fuente: Autor

De acuerdo a los datos obtenidos de la caracterización de los componentes químicos cuantificados observamos que presenta un alto contenido de P, K, Mg, Cu, Fe, favoreciendo el contenido de nutrientes, dándonos cuenta que la arcilla recomendada para realizar las tejas es la del sector del Tingo puesto que presenta mejores valores frente a los resultados obtenidos del sector de La Victoria, como se observa en la tabla número 13.

Tabla 14: Resultados obtenidos del porcentaje de partículas finas

Sector	La Victoria	Sector	El Tingo
Grava	0%	Grava	0%
Arena	22%	Arena	19%
Finos	78%	Finos	81%

Fuente: Autor

11.2 Análisis granulométricos de las arcillas y resultados

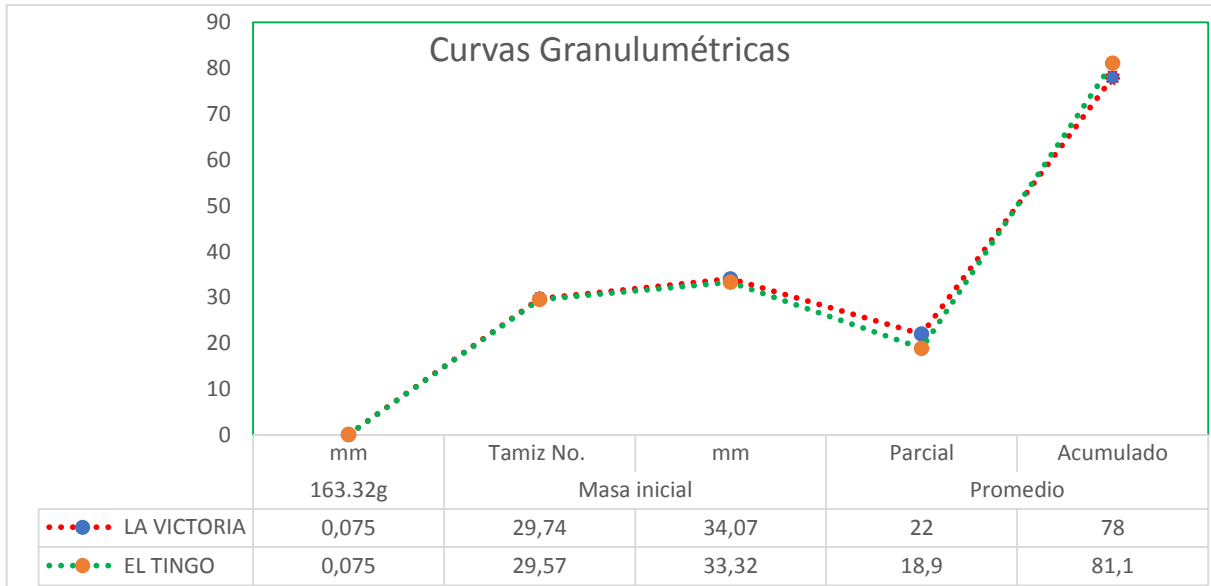
En este análisis se describe los valores de los sectores de La Victoria y El Tingo

Tabla 15: Comparación de la granulometría

LA VICTORIA						EL TINGO					
GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO (ASTM D-6913)						GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO (ASTM D-6913)					
Masa inicial	163.3 2g	Masa inicial		Promedio		Masa inicial	201.16 g	Masa inicial		Promedio	
Tamiz No.	mm	Tamiz No.	mm	Parcial	Acumulado	Tamiz No.	mm	Tamiz No.	mm	Parcial	Acumulado
3"	75,0	.....	.....	.....	.....	3"	75,0	...	.....	.....	.....
2"	50,0	.....	.....	.....	.....	2"	50,0	...	.....	.....	.....
1 ½ "	37,5	.....	.....	.....	.....	1 ½ "	37,5	...	.....	.....	.....
1"	25,0	.....	.....	.....	.....	1"	25,0	...	.....	.....	.....
¾ "	19,0	.....	.....	.....	.....	¾ "	19,0	...	.....	.....	.....
⅜ "	9,50	.....	.....	.....	.....	⅜ "	9,50	...	.....	.....	.....
No. 4	4,75	.....	.....	.....	.....	No. 4	4,75	0,30	0,30	0,2	99,8
No. 10	2,00	0,10	0,10	0,1	99,9	No. 10	2,00	0,45	0,75	0,4	99,6
No. 20	0,850	.....	.....	.....	.....	No. 20	0,850	...	.....	.....	.....
No. 40	0,425	4,23	4,33	2,8	97,2	No. 40	0,425	3,00	3,75	2,1	97,9
No. 60	0,250	.....	.....	.....	.....	No. 60	0,250	...	.....	.....	.....
No. 100	0,150	.....	.....	.....	.....	No. 100	0,150	...	.....	.....	.....
No. 200	0,075	29,7 4	34,07	22,0	78,0	No. 200	0,075	29,5 7	33,32	18,9	81,1

Fuente: Autor

Figura 18: Curvas granulométricas



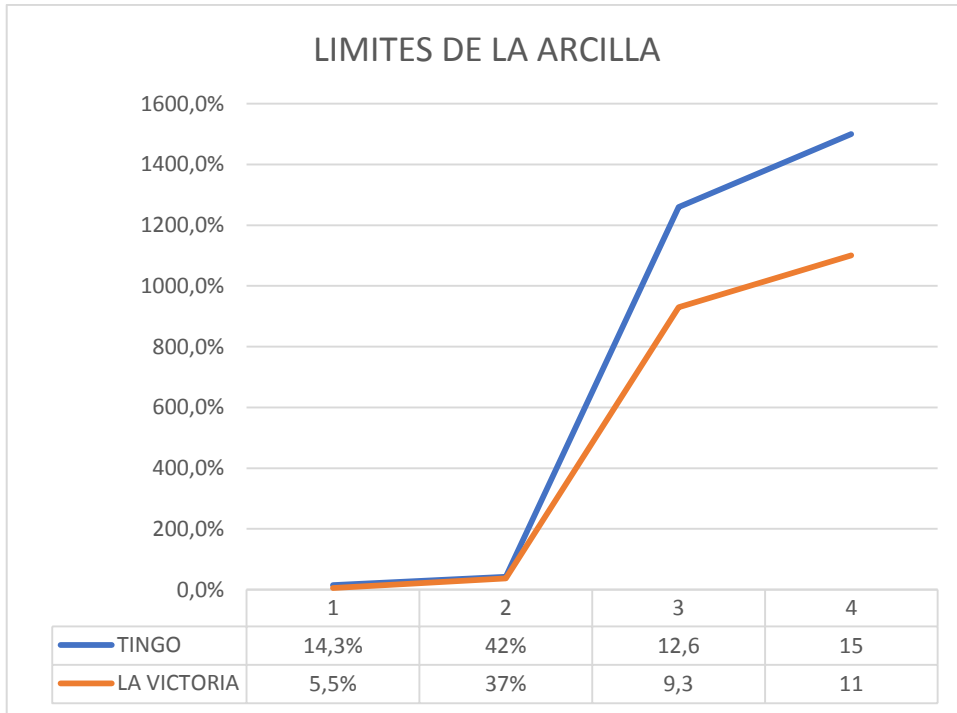
Fuente: Autor

Tabla 16: Comparación de los límites líquidos y plásticos

LA VICTORIA						EL TINGO					
LÍMITES DE CONSISTENCIA						LÍMITES DE CONSISTENCIA					
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D- 4318)- METODO MULTIPUNTO						LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D- 4318)- METODO MULTIPUNTO					
10	7,22	33,85	26,26	39,9	LL:3 7,1	14	7,75	33,41	25,39	45,5	LL: 42,1
18	7,80	32,79	25,90	38,1		23	7,25	32,63	25,06	42,5	
29	7,82	31,38	25,07	36,6		35	7,25	31,64	24,65	40,2	
50	7,33	30,59	24,55	35,1		44	7,36	30,64	24,1	39,1	
LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4318)						LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4318)					
.... .	7,74	14,46	13,00	27,8	LP: 27,8	.... .	7,45	13,67	12,25	29,6	LP: 29,6
.... .	7,74	14,45	12,99	27,8		.... .	7,4	13,67	12,24	29,5	
.... .	7,77	14,49	13,03	27,8		.... .	7,48	13,7	12,28	29,6	

Fuente: Autor

Figura 19: Curvas de límites de las arcillas



Fuente: Autor

Los resultados obtenidos de los análisis granulométricos, de humedad, de plasticidad y del límite líquido según las normas establecidas en el mismo se puede evidenciar que los dos materiales de estudio pasados por el tamiz 200 nos arroja un resultado de partículas finas a la del tingo con 81% limite liquido 42% índice plástico 12,6 y la humedad natural del 14.3% mientras que de la Victoria un 78% limite liquido 37% índice plástico 9,3 y la humedad natural del 5.5% por ende se lo logra determinar que la mejor mina para realizar las tejas de arcilla es el Tingo.

11.3 Pruebas a compresión

Es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo. En la mayoría de los casos se realiza con hormigones y metales, pero esta vez se realizó en probetas de arcilla

Tabla 17: Pruebas a compresión el Tingo

DATOS TÉCNICOS Y RESULTADOS:										
No.	Muestra	% de cal	% de arcilla	Sección mm ²	Carga KN	Esfuerz o mpa	Factor de corrección	Esfuerzo corr. (mpa)	Dimensiones (mm) diámetro alto	
1	1-a. el tingo cal: 5 g arcilla: 40 g	11,11	88,89	1020,71	27,91	27,34	0,888	24,3	36,1	38,3
2	2-a. el tingo cal: 10 g arcilla: 35 g	22,22	77,78	1023,54	25,40	24,82	0,884	21,9	36,1	37,8
3	3-a. el tingo cal: 15 g arcilla: 30 g	33,33	66,67	1040,62	25,83	24,82	0,891	22,1	36,4	39,1
4	4-a. el tingo cal: 20 g arcilla: 25 g	44,44	55,56	998,18	26,95	27,00	0,898	24,3	35,7	39,3
5	5-a. el tingo cal: 25 g arcilla: 20 g	55,56	44,44	1046,35	24,77	23,67	0,892	21,1	36,5	39,3

Fuente: Autor

Fisura vertical columnar a través de ambos extremos, conos no muy definidos, en todos los casos.

Figura 20: Pruebas a compresión bajo normas (ASTMC42)



Fuente: Autor

Tabla 18: Pruebas a compresión La Victoria

datos técnicos y resultados:									
No.	Muestra	% de cal	% de arcilla	Sección mm ²	Carga KN	Esfuerzo MPa	Factor de corrección	Esfuerzo corr. (MPa)	Dimensiones (mm) diámetro alto
1	1-a. la victoria cal: 5 g arcilla: 40 g	11,11	88,89	878,78	6,14	6,99	0,926	6,5	33,5 41,1
2	2-a. la victoria cal: 10 g arcilla: 35 g	22,22	77,78	1081,03	6,18	5,72	0,887	5,1	37,1 39,2
3	3-a. la victoria cal: 15 g arcilla: 30 g	33,33	66,67	1057,84	9,93	9,39	0,892	8,4	36,7 39,5
4	4-a. la victoria cal: 20 g arcilla: 25 g	44,44	55,56	1104,47	8,01	7,25	0,893	6,5	37,5 40,6
5	5-a. la victoria cal: 25 g arcilla: 20 g	55,56	44,44	1078,12	6,64	6,16	0,894	5,5	37,1 40,2
x	X	X	x	X	x	x	x	x	x

Fuente: Autor

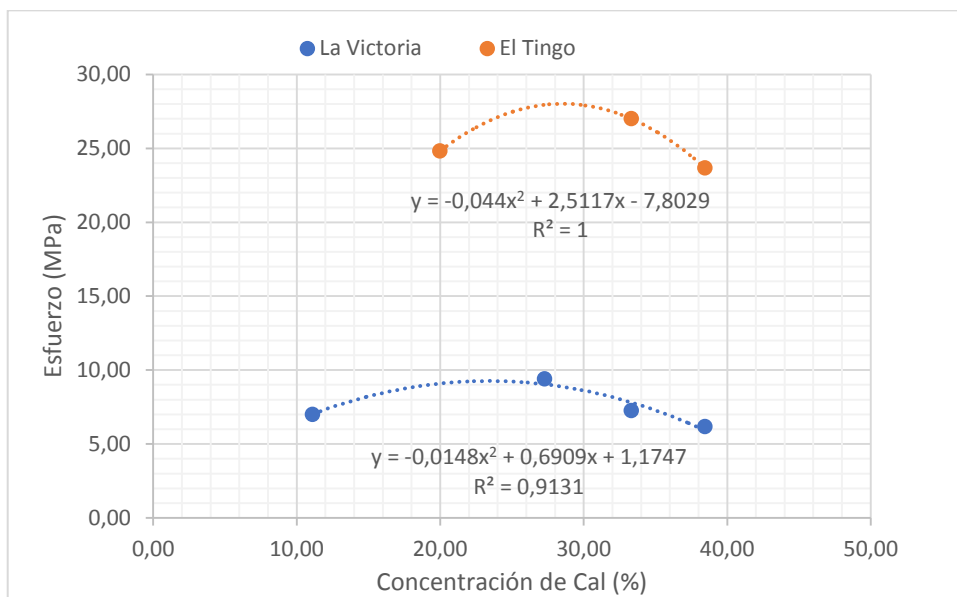
Fisura vertical columnar a través de ambos extremos, conos no muy definidos, en todos los casos.

Figura 21: Pruebas a compresión bajo normas (ASTMC42)



Fuente: Autor

Figura 22: Pruebas a compresión bajo normas ASTM C42



Fuente: Autor

Según las pruebas realizadas a compresión basados en la norma ASTM C42 y realizando una ligera comparación de las probetas tanto como las del Tingo con las de la Victoria se logró evidenciar que tienen una mayor resistencia a la compresión las del sector del Tingo una vez más evidenciando que el barro de las minas del Tingo es mejor como se puede observar en las curvas de la Figura 22. En esta prueba se lo empleo una mezcla con cal a ver si se logra una mayor resistencia a la compresión.

Tabla 19: Pruebas a compresión de las dos minas

DATOS TÉCNICOS Y RESULTADOS:							
No.	MUESTRA	SECCIÓN mm ²	CARGA KN	ESFUERZO MPa	FACTOR DE CORRECCIÓN	ESFUERZO CORR. (MPa)	DIMENSIONES (mm) Diámetro Alto
1	1-A* (EL TINGO)	973,14	27,48	28,24	0,900	25,4	35,2 39,0
2		1017,88	29,29	28,78	0,892	25,7	36,0 38,7
3	1-B* (LA VICTORIA)	1034,91	30,47	29,44	0,892	26,2	36,3 39,0
4		989,8	32,84	33,18	0,901	29,9	35,5 39,4

Fuente: Autor

11.4. Pruebas a flexión

Estas pruebas a flexión fueron realizadas en los laboratorios de la Universidad Técnica De Cotopaxi de la Facultad de Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.

Maquina Utilizada: TINWS OLSEN capacidad de carga 50 (KN)

Tabla 20: Pruebas a flexión tejas comunes

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA						
PRUEBAS		TIPO DE MATERIAL		VALOR DE PRUEBA (FUERZA)	UNIDAD DE MEDICIÓN	TAMAÑO DE TEJA
N .-	Nº DE PRUEBA	MATERIAL PURO	MATERIAL IMPURO		NEWTON (N)	
1	INEN 990		X	187	(N)	GRANDE
2	INEN 990	X		NP	(N)	PEQUEÑO
3	INEN 990	X		157	(N)	PEQUEÑO
4	INEN 990	X		258	(N)	PEQUEÑO
5	INEN 990	X		308	(N)	PEQUEÑO

Fuente: Autor

De acuerdo a las pruebas de flexión realizadas de las tejas que elaboran rústicamente los artesanos en la Parroquia La Victoria se puede evidenciar notablemente la baja resistencia en cada uno de los ensayos realizados, evidenciando que el material utilizado no es el adecuado ya que contiene un 22% de Arena y un 78% de finos de acuerdo al análisis granulométrico. Ver Anexo 3 y 3.1

Tabla 21. Pruebas a flexión tejas mejoradas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA						
PRUEBAS		TIPO DE MATERIAL		VALOR DE PRUEBA (FUERZA)	UNIDAD DE MEDICIÓN	TAMAÑO DE TEJA
N .-	Nº DE PRUEBA	MATERIAL PURO LAVADO	MATERIAL IMPURO		NEWTON (N)	
1	INEN 990	X		345	(N)	PEQUEÑO
2	INEN 990	X		367	(N)	PEQUEÑO
3	INEN 990	X		397	(N)	PEQUEÑO
4	INEN 990	X		426	(N)	PEQUEÑO
5	INEN 990	X		471	(N)	PEQUEÑO

Fuente: Autor

Estas tejas fueron realizadas con arcilla del sector del Tingo las cuales pasaron por un proceso de mejora y se los realizaron bajo unos nuevos pasos adoptados sobre un proceso semi industrial lo cual ahorraría tiempo y tendrían un producto de mejor calidad.

Cabe mencionar que la arcilla del sector del Tingo presenta altos valores en su composición química, ya que según la clasificación es un suelo arcilloso. Según el anexo N° 3 de granulometría humedad y plasticidad bajo las normas ASTM (D-6913, D-2216, D4318) realizado en la Universidad Central del Ecuador en los laboratorios de Mecánica de Suelos.

Se puede visualizar en la tabla 20 los valores obtenidos luego de haber realizado varias pruebas de separación de las partículas gruesas y teniendo como resultado una mayor resistencia a la flexión como es de 471 newtons.

12. IMPACTOS DE LA INVESTIGACION

Es la contribución significativa de un proyecto al logro del Fin.

12.1. Impacto técnico

Este proyecto es muy relevante ya que se encuentra dentro del área de la ingeniería como es la resistencia de materiales y mecanismos, se logró con toda la fundamentación teórica - técnica mejorar la resistencia a la compresión de las probetas utilizando la arcilla del sector del Tingo y modificando el proceso mediante el lavado de la arcilla.

12.2. Impacto ambiental

Dentro de lo cual se puede manifestar que el recurso natural más importante es la arcilla como materia prima para la elaboración de las tejas de los artesanos, la extracción la hacen diariamente sin protección personal ni usando las herramientas adecuadas para su trabajo provocando enfermedades respiratorias producto de la inhalación.

Por otro lado debido a la extracción continua de la arcilla con el tiempo provocara la desaparición de la mina, haciendo que los artesanos se vean obligados a buscar la materia prima en otros sectores.

12.3. Impacto social

Al ser un proyecto de ingeniería se está entregando a los artesanos una técnica mejorada basada en el triturado y lavado de la arcilla lo cual aporta en mejorar la resistencia de la teja haciéndola más competitiva al mercado.

12.4. Impacto económico

El mencionado proyecto tiene como finalidad lograr una inclusión en el mercado y por ende mejores ingresos económicos para los fabricantes de la teja, en la presente investigación se obtuvo un Tir positivo del 37%.

13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Gastos realizados para la presente investigación de una mejora a la calidad de teja elaborada en La Victoria.

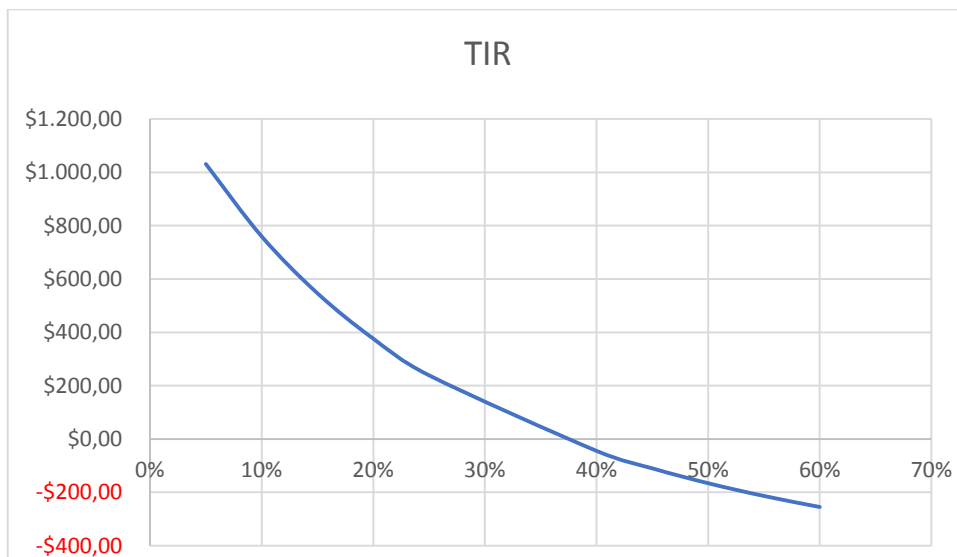
Tabla 22: Gastos realizados de investigación.

RUBRO		VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Compra de teja	Cuencana	0,35	3,50
	La Victoria	0,16	1,60
Análisis de composición química		54,84	54,84
Análisis granulométrico plasticidad y de humedad		65,92	65,92
Compresión de núcleos cilíndricos (30)		4,75	142,50
Textura de suelos		29,57	29,57
Proceso de escavado de la materia prima solo para el análisis		25,00	25,00
Proceso de cernido de arcilla		10,00	10,00
Triturado y mezcla de la materia prima		20,00	20,00
Elaboración de muestras para la prueba		25,00	25,00
Equipo de oficina		30,00	30,00
Transporte al interior de la provincia y fuera de la misma		100,00	100,00
Materiales y accesorios		30,00	30,00
Imprevistos		80,00	80,00
Otros		100,00	100,00
Inversión Total			717,93

Fuente: Autor

Tabla 23: Tir y Van

No	FNE	(1+i)^n	FNE/(1+i)^n	Tasa interna de retorno	
0	-717,93		-717,93	tasa de descuento	VAN
1	200	110%	181,818182	5%	\$1.031,17
2	300	121%	247,933884	10%	\$759,71
3	400	133%	300,52592	15%	\$546,34
4	400	146%	273,205382	20%	\$376,16
5	400	161%	248,368529	25%	\$238,64
6	400	177%	225,789572	40%	
				45%	
				50%	
		TOTAL	759,71147	55%	
				60%	
VAN	\$ 759,71			TIR	37%



Fuente: Autor

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se observa los resultados que se obtienen en la presente investigación se concluye que la arcilla del sector del Tingo tiene mejores características físicas y químicas para la elaboración de la teja puesto que cumple con la clasificación de suelo arcilloso.

Para la elaboración de las tejas se realiza de una manera más selectiva desde la extracción de las minas, así se evita la contaminación, posteriormente con el material en el lugar de trabajo se hace de una manera semi industrial, primeramente, triturando el barro y luego se pasa a la amasadora dando una mejora a la materia prima.

Se realiza las pruebas a las tejas y a las probetas se define que la arcilla del sector El Tingo presenta una mayor resistencia a la flexión teniendo como resultado 471 newtons mientras que las tejas y probetas que se elaboró con la arcilla de La Victoria presenta un valor de 308 newtons.

Es evidente mencionar que luego de estudios y análisis que se envía a laboratorios y según sus resultados se concluye que realizando el lavado de la arcilla se logra separar partículas gruesas y finas se obtiene un material puro lo cual mejora significativamente la fabricación de las tejas, a pesar que realiza el mejoramiento en el proceso de elaboración no se llega a obtener los resultados establecidos en la normativa INEN 990 que es de 800N

Se menciona que según los resultados de laboratorio la arcilla del sector El Tingo tiene la presencia de nutrientes como el N (56,00 ppm), P (57,00 ppm), (Zn 2,40 ppm) y (Fe 54,00 ppm) en valores relevantes actúa en mantener la dureza, flexibilidad y durabilidad de las tejas por ende incrementa el tiempo de vida útil de las mismas, mientras que la arcilla de la Victoria arroja valores tales como N (28 ppm), (P 23,00 ppm), (Zn 0,30 ppm) y (Fe 29,00 ppm) en bajos valores es decir no se obtiene las características deseadas de resistencia y durabilidad deseadas.

Recomendaciones

Se recomienda a los artesanos de La Victoria de tejas realizar un mejor manejo de la arcilla y elegir un material adecuado ya que con el que trabajan es de baja consistencia química.

Realizar el lavado de la arcilla antes de comenzar a elaborar las tejas esto nos ayudara a eliminar partículas gruesas, así tendremos un mejor acabado y una mayor resistencia en las mismas.

Utilizar la arcilla del sector el Tingo ya que luego de haber realizado una prueba granulométrica nos da como resultado que tiene un porcentaje bajo en arena y alto en arcilla lo que lo clasifica dentro de los estándares como suelo arcilloso.

Es necesario para lograr una mejor consistencia de la teja en el proceso de moldeado utilizar una maquina prensadora para así lograr una mejor unión de las moléculas y sacar partículas de aire que suelen quedar así se lograra subir la resistencia de la teja.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ASTMC1167 International, W. C. (2003). *www.astm.org*. Obtenido de <https://www.astm.org> › Standards & Publications
- ASTMC42. (s.f.). *Standards & Publications*. <https://www.astm.org> › Standards & Publications.
- ASTMC67. (2008). *www.metrotec.es*. Obtenido de <https://www.metrotec.es/normas/astm/astm-c67/>
- BARBA, A. (2007). *Materias primas para la fabricacion de soportes ceramicos*. CASTELLON ESPAÑA.
- Bianucci, M. ((2009).). *El Ladrillo: Orígenes y Desarrollo*.
- Bianucci, M. (2009). *El Ladrillo: Orígenes y Desarrollo*.
- Carrasco, L. (2019). *www.tecnologia lucia carrasco 3b, 2019*). Obtenido de (<http://tecnologia lucia carrasco 3b, 2019>)
- Castellanos, O. (2006). Caracterizacion preliminar para arcillasbauxiticasde la vereda Mesitas, Municipio de Aipe, Huila. *De la Facultad de ciencias basicas* , 3-9.
- Castrillon, D. Z. (2016). *CARACTERIZACION TERMICA, QUIMICA Y MINEROLOGICA DE UN TIPO DE ARCILLA*. Colombia.
- CHAVEZ, L. (Abril de 2014). *EL TELEGRAFO*, págs. 4-5.
- Daniel Zuluaga Castrillón, A. P. (2016).
www.researchgate.net/.../299522317_Estudio_de_la_estructura_y_las_propiedad..
Obtenido de
www.researchgate.net/.../299522317_Estudio_de_la_estructura_y_las_propiedad..
https://www.researchgate.net/.../299522317_Estudio_de_la_estructura_y_las_propiedad...
- Fernández-Coppel, I. A. (s.f.). *www.cartesia.org*. Recuperado el 22 de julio de 2019, de www.cartesia.org: www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-geograficas-utm

- Guetto, J. (2012). *Materias primas para pastas cerámicas*. Madrid España: (1ra e.d) Dias de Santos.
- INEN987. (2009). *MUESTREO, INSPECCION Y RECEPCION*.
- INEN988. (2009). *DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A FLEXION*. Caracas.
- Jorba, J. (s.f). POR QUE CILINDROS DE 15X30cm. *INFORMES DE LA CONSTRUCCION*, 56-57.
- López-Muñoz. (2014). *www.lamjol.info/inde elaborados a partir de mezclas arcilla roja-cemento Portland*. Recuperado el 2019, de www.lamjol.info/inde:
<https://www.lamjol.info/index.php/NEXO/article/view/1945/1741>
- Martínez, G. (2010). *La alfarería en La Rioja. Siglos XX - XXI*. LaSim edit.
- R&V, C. (2018). *PDOT Pujili*. Obtenido de <http://lavictoria.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2018/01/PDOT-2018-.pdf>
- Rodríguez, M. (2017). *www.repositorioinstitucional*. Recuperado el Junio de Junio de 2019, de www.repositorioinstitucional.:
<https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/360/1/17276>
- ROMERO, M. (22 de Abril de 2018). SECADO DE LAS TEJAS DE LA VICTORIA. (W. R. Bautista, Entrevistador)
- Roth., W. (2015). Introducción al Inventario de Materias Primas No Metálicas en el Ecuador. INEMIN-BGR. En W. Roth., *nventario de Materias Primas No Metálicas en el Ecuador*. INEMIN (págs. 36-37). Quito, Ecuador.
- Telegrafo, E. (02 de Mayo de 2018). *www.eltelegrafo.com.ec*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/>
- Vaca, H. (19 de Abril de 2017). Procesos de elaboracion de las artesanias Datos de integrantes sociedad de artesanos La Victoria. (D. A. M, Entrevistador)
- VIERA, C. (s.f). *Construction and Building Materials. RIO DE JANEIRO*.
- Wolff, G. H. (2015). En T. X.-B. G. Hunda y F. Wolff. Inventario de Materias Primas No Metálicas en el Ecuador. Provincia de Cotopaxi, *Inventario de Materias Primas No Metálicas en el Ecuador. Provincia de Cotopaxi*, (págs. 40-41). Quito, Ecuador.

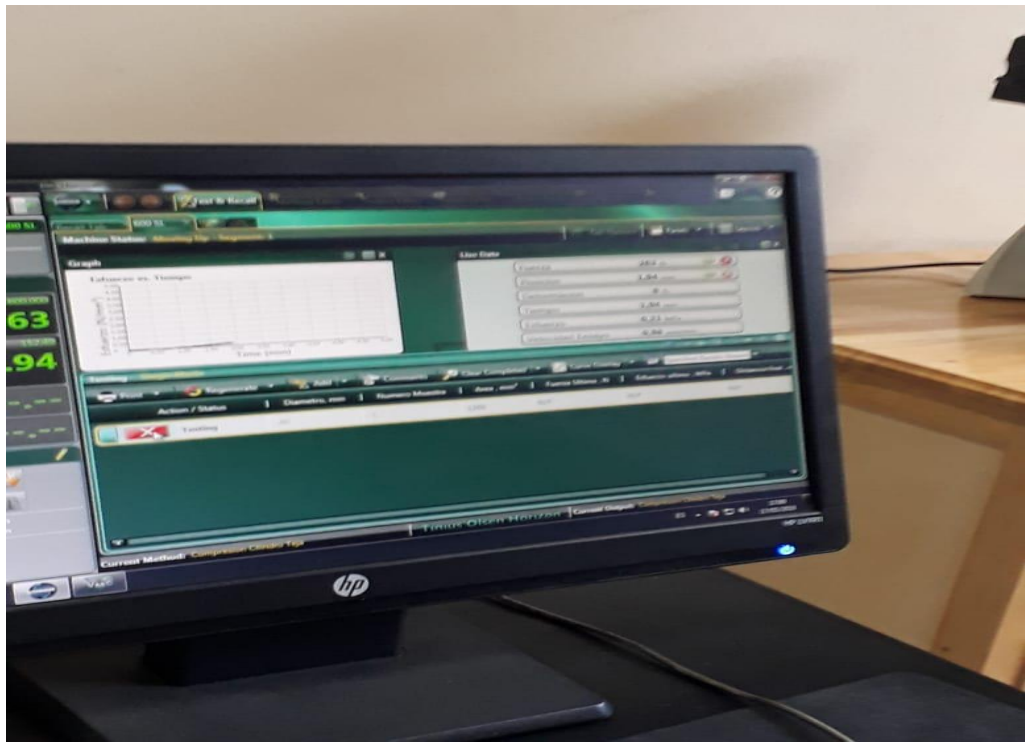
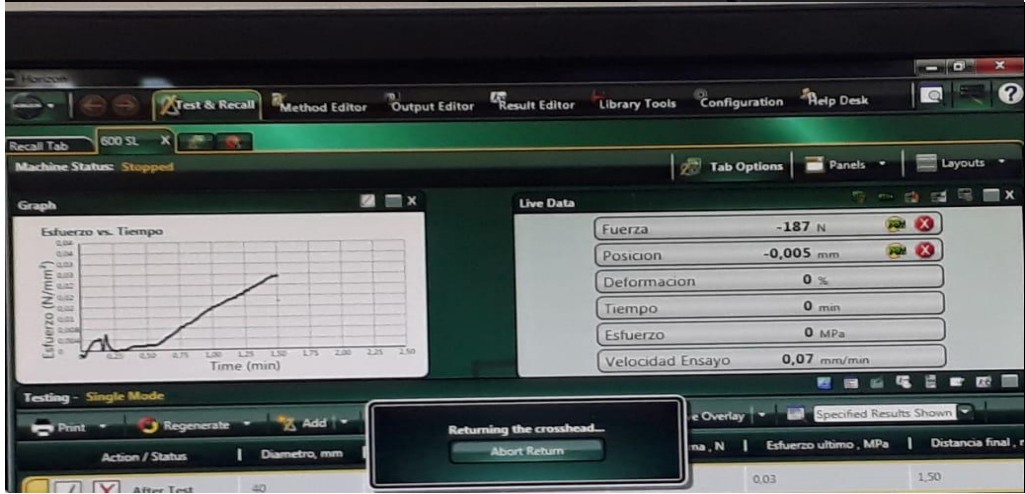
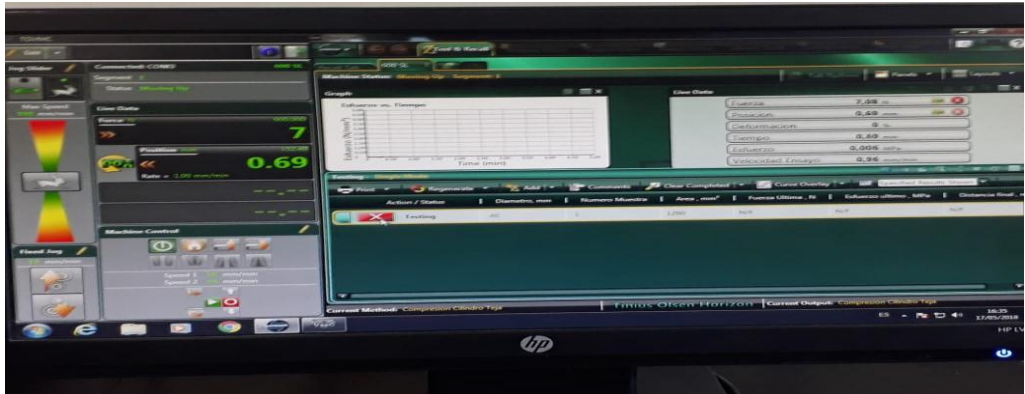
16. ANEXOS.

Colocación de las tejas previa el análisis de flexión en el laboratorio





Seguimiento del ensayo del proceso de ruptura.

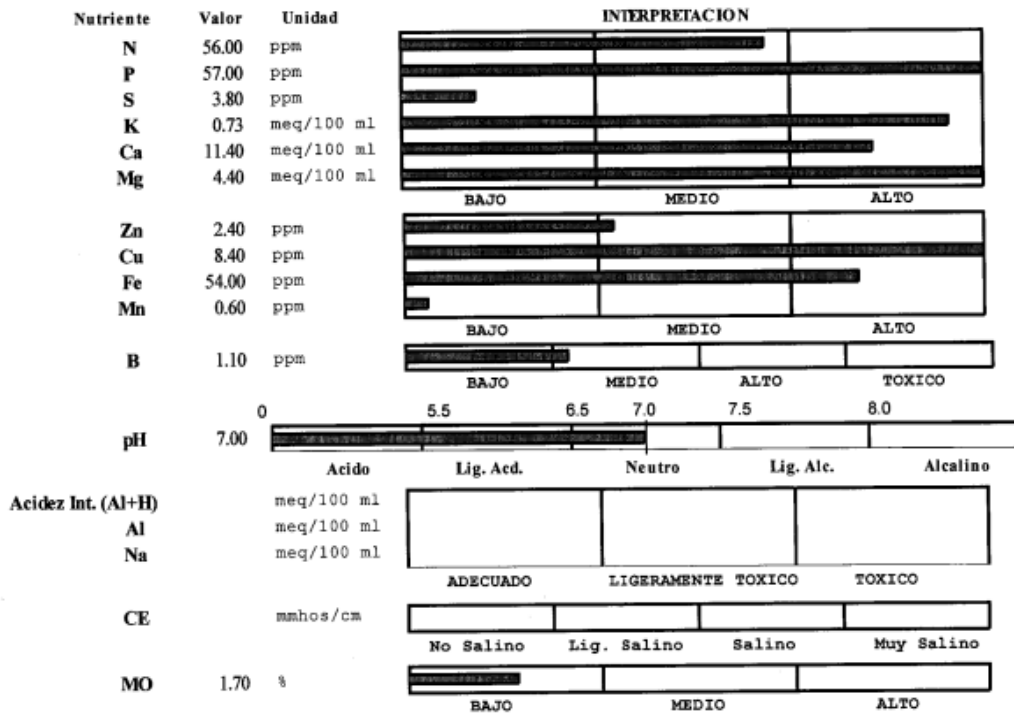


Anexo 1. Análisis de composición químico el Tingo

 INIAP <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---


REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> Nombre : Sr. Welintong Bautista Dirección : Pujili Ciudad : Teléfono : 0998574219 Fax :	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> Nombre : El Tingo Provincia : Cotopaxi Cantón : Pujili Parroquia : La Matriz Ubicación :
<p style="text-align: center;">DATOS DEL LOTE</p> Cultivo Actual : Cultivo Anterior : Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : Arcilla Tingo	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> N° Reporte : 45.736 N° Muestra Lab. : 109783 Fecha de Muestreo : 08/07/2018 Fecha de Ingreso : 09/07/2018 Fecha de Salida : 16/07/2018



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	%			Clase Textural
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
2,6	6,0	21,6	16,5						


 RESPONSABLE LABORATORIO

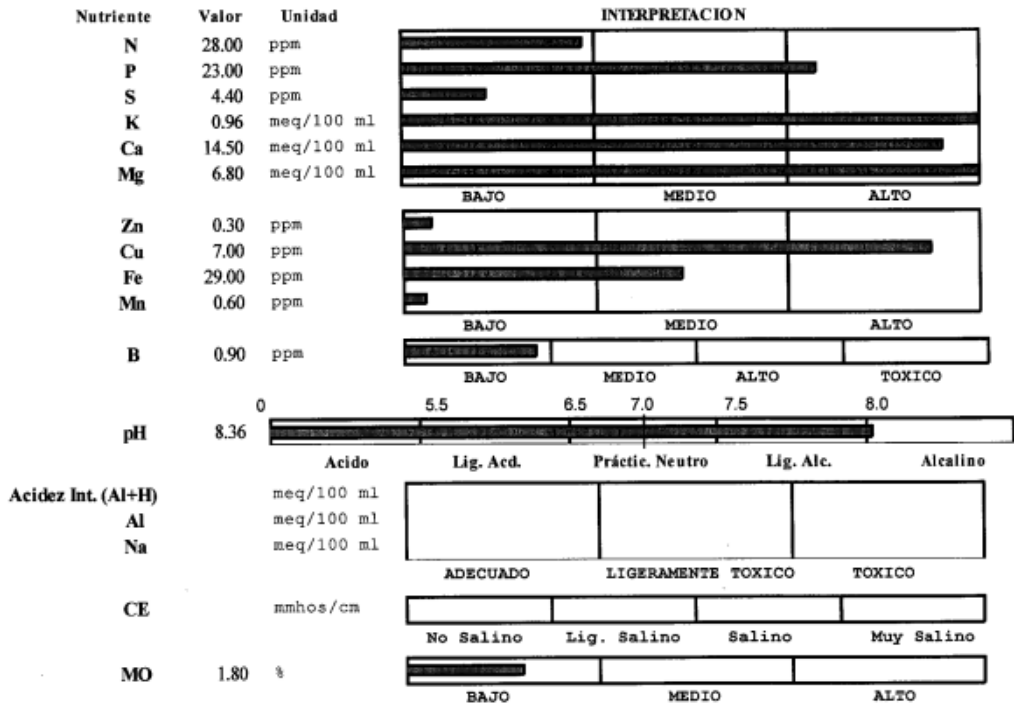

 LABORATORISTA

Anexo 2. Análisis de composición químico La Victoria.

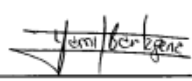
 INIAP <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> Nombre : Sr. Welintong Bautista Dirección : Pujili Ciudad : Teléfono : 0998574219 Fax :	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> Nombre : La Victoria Provincia : Cotopaxi Cantón : Pujili Parroquia : La Victoria Ubicación :
<p style="text-align: center;">DATOS DEL LOTE</p> Cultivo Actual : Cultivo Anterior : Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : Arcilla La Victoria	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> N° Reporte : 45.737 N° Muestra Lab. : 109784 Fecha de Muestreo : 08/07/2018 Fecha de Ingreso : 09/07/2018 Fecha de Salida : 16/07/2018



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)			Clase Textural
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
2,1	7,1	22,2	22,3						


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA

Anexo 3 Análisis granulométrico, límite plástico, humedad y límite líquido El Tingo.



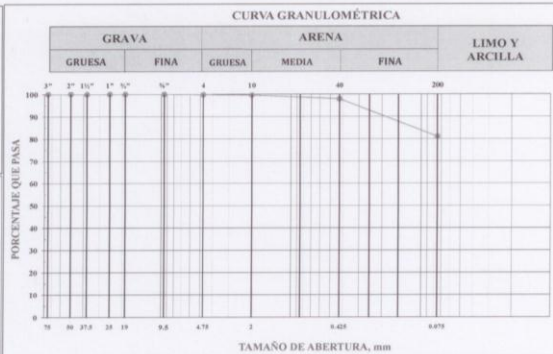
UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS REPORTE DE ENSAYO ASTM D-2487 / ASTM D-3282

PROYECTO: Proyecto de Tesis "Caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de las tejas de barro"
 LOCALIZACIÓN: Cantón Pujilí - Provincia de Cotopaxi
 MUESTRA: Tomada por el Cliente
 DESCRIPCIÓN: Mina El Tingo
 PROFUNDIDAD: -----
 TIPO DE MUESTRA: Alterada
 ENSAYADO POR: J. C.

No. TRABAJO: 1616
 SOLICITADO POR: Willington Bautista
 CONTRATISTA: -----
 FISCALIZACIÓN: -----
 FECHA DE ENSAYO: 2019-06-18
 FECHA DE REPORTE: 2019-06-19

No. de Golpes	HUMEDAD NATURAL (ASTM D-2216)					GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO (ASTM D-6913)					
	Recipiente	Peso Suelo		Contenido de Humedad		Masa inicial	201.16 g	PESO RETENIDO		PORCENTAJE	
	Peso	Húmedo	Seco	Parcial	Promedio	Tamiz No.	mm	PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO	QUE PASA
8.78	g	g	g	%	%	3"	75.0	.....	.....	.....	.....
8.81	54.00	48.35	14.3	14.3	1"	25.0	.....	.....	.....	.....	.....
1"	25.0	.....	.....		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1 1/2"	37.5	.....	.....		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1"	25.0	.....	.....		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3/4"	19.0	.....	.....		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
14	7.75	33.41	25.39	45.5	LL: 42.1	3/8"	9.50	.....	.....	.....	.....
23	7.25	32.63	25.06	42.5		No. 4	4.75	0.30	0.30	0.2	99.8
35	7.25	31.64	24.65	40.2		No. 10	2.00	0.45	0.75	0.4	99.6
44	7.36	30.64	24.10	39.1		No. 20	0.850	.....	.....	.....	.....
						No. 40	0.425	3.00	3.75	2.1	97.9
					LP: 29.6	No. 60	0.250	.....	.....	.....	.....
						No. 100	0.150	.....	.....	.....	.....
						No. 200	0.075	29.57	33.32	18.9	81.1



GRAVA:	0 %	D 60:	-----	Contenido Orgánico:	NO
ARENA:	19 %	D 30:	-----	Coefficiente de Uniformidad, Cu:	-----
FINOS:	81 %	D 10:	-----	Coefficiente de Curvatura, Cc:	-----

HUMEDAD NATURAL:	14.3 %
LÍMITE LÍQUIDO:	42 %
ÍNDICE PLÁSTICO:	12.6
ÍNDICE DE GRUPO:	15

CLASIFICACIÓN:		
SUCS:	ML	Límo
AASTHO:	A-7-6	Suelo arcilloso

Supervisado y Calculado por:

 Ing. Ivonne Caicedo T.



Director Laboratorio de Mecánica de Suelos

 Ing. Darío Bermúdez

Nota: Documento válido únicamente con el sello seco de la Institución. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.
 Calle Carvajal y Av. La Gasca – Ciudadela Universitaria
 Teléfono: 02 223 8744 ext. 211, 234 / Correo: lms.fing@uce.edu.ec

Anexo 3.1. Análisis granulométrico, límite plástico, humedad y límite líquido La Victoria



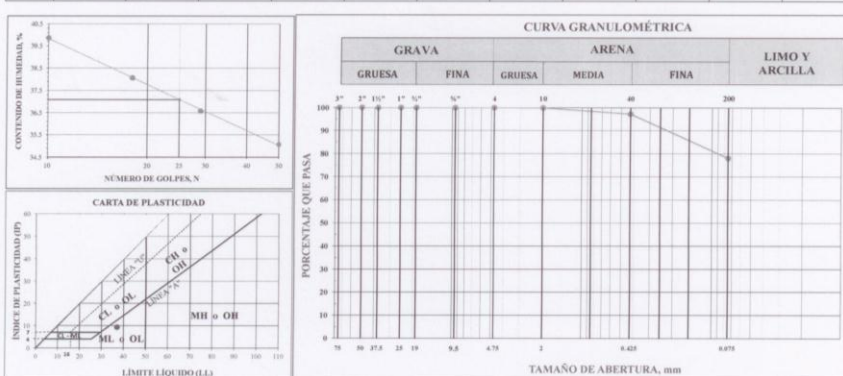
UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS REPORTE DE ENSAYO ASTM D-2487 / ASTM D-3282

PROYECTO: Proyecto de Tesis "Caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de las tejas de barro"
 LOCALIZACIÓN: Cantón Pujilí - Provincia de Cotacachi No. TRABAJO: 1616
 MUESTRA: Tomada por el Cliente SOLICITADO POR: Wellington Bautista
 DESCRIPCIÓN: Mina La Victoria CONTRATATISTA:
 PROFUNDIDAD: ----- FISCALIZACIÓN:
 TIPO DE MUESTRA: Alterada FECHA DE ENSAYO: 2019-06-18
 ENSAYADO POR: J. C. FECHA DE REPORTE: 2019-06-19

No. de Golpes	HUMEDAD NATURAL (ASTM D-2216)					GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO (ASTM D-6913)						
	Recipiente		Peso Suelo		Contenido de Humedad			Masa inicial	PESO RETENIDO		PORCENTAJE	
	Peso	Húmedo	Seco	Parcial	Promedio	Tamiz No.	mm	PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO	QUE PASA	
	g	g	g	%	%	3"	75.0	.....	.....	.....	.....
8.68	65.38	62.43	5.5	5.5	2"	50.0	.....	.....	.....	.....	.....
8.71	65.41	62.45	5.5		1 1/2"	37.5	.....	.....	.....	.....	.....
					1"	25.0
						3/4"	19.0	.....	.....	.....	.....
						3/8"	9.50	.....	.....	.....	.....
						No. 4	4.75	.....	.....	.....	.....
						No. 10	2.00	0.10	0.10	0.1	99.9	
						No. 20	0.850	.....	.....	.....	.....
						No. 40	0.425	4.23	4.33	2.8	97.2	
						No. 60	0.250	.....	.....	.....	.....
						No. 100	0.150	.....	.....	.....	.....
						No. 200	0.075	29.74	34.07	22.0	78.0	



GRAVA:	0 %	D 60:	-----	Contenido Orgánico:	NO
ARENA:	22 %	D 30:	-----	Coefficiente de Uniformidad, Cu:	---
FINOS:	78 %	D 10:	-----	Coefficiente de Curvatura, Cc:	---

HUMEDAD NATURAL:	5.5 %	CLASIFICACIÓN:	
LÍMITE LÍQUIDO:	37 %		
ÍNDICE PLÁSTICO:	9.3		
ÍNDICE DE GRUPO:	11		
SUCS:	ML	Limo	
AASTHO:	A-4	Suelo limoso	

Supervisado y Calculado por:

Ing. Ivonne Caicedo T.



Director Laboratorio de Mecánica de Suelos

Ing. Dario Bermúdez



Nota: Documento válido únicamente con el sello seco de la Institución. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.
 Calle Carvajal y Av. La Gasca – Ciudadela Universitaria
 Teléfono: 02 223 8744 ext. 211, 234 / Correo: lms.fing@uce.edu.ec

Anexo 4. Análisis de compresión el Tingo.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MODELOS

TELEFAX: 2 522-655 CASILLA: 17-03-1650
Quito

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN REALIZADOS SOBRE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE ARCILLA COCIDA

INFORME: 14775

HOJA: 1 DE 2

DATOS INFORMATIVOS:				
OBRA:	SOLICITADO POR:	FECHAS:		
		RECEPCIÓN	ENSAYO	INFORME
INVESTIGACIÓN. ENSAYO DE COMPRESIÓN EN MUESTRAS DE ARCILLA COCIDA	SR. WILLINGTON BAUTISTA	17/05/2019	17/05/2019	20/05/2019

DATOS TECNICOS Y RESULTADOS:								
No.	MUESTRA	SECCIÓN mm ²	CARGA KN	ESFUERZO MPa	FACTOR DE CORRECCIÓN	ESFUERZO CORR. (MPa)	DIMENSIONES (mm)	
							Diámetro	Alto
1	1-A. EL TINGO CAL: 5 g ARCILLA: 45 g	1020,71	27,91	27,34	0,888	24,3	36,1	38,3
2	2-A. EL TINGO CAL: 10 g ARCILLA: 45 g	1023,54	25,40	24,82	0,884	21,9	36,1	37,8
3	3-A. EL TINGO CAL: 15 g ARCILLA: 45 g	1040,82	25,83	24,82	0,891	22,1	36,4	39,1
4	4-A. EL TINGO CAL: 20 g ARCILLA: 45 g	998,18	26,95	27,00	0,898	24,3	35,7	39,3
5	5-A. EL TINGO CAL: 25 g ARCILLA: 45 g	1046,35	24,77	23,67	0,892	21,1	36,5	39,3
x	x	x	x	x	x	x	x	x

- OBSERVACIONES:
- TOMA DE MUESTRAS: Realizada por el cliente
 - REFRENTADO DE LA MUESTRA: Con mortero de azufre
 - FRACTURA: Fisura vertical columnar a través de ambos extremos, conos no muy definidos, en todos los casos
 - FECHA DE MUESTREO: 09/05/2019
 - EDAD DE LAS MUESTRAS: 8 días
 - NORMA DE REFERENCIA: ASTM C42
 - 1 MPa = 10.197 Kg/cm²



MUESTRA 1-A



MUESTRA 2-A



MUESTRA 3-A



MUESTRA 4-A



MUESTRA 5-A

Paola Villalba
ING. PAOLA VILLALBA MSc.
DIRECTORA (E)

Anexo 4.1. Análisis de compresión La Victoria.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MODELOS

TELEFAX: 2 522-655 CASILLA: 17-03-1650
Quito

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN REALIZADOS SOBRE
ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE ARCILLA COCIDA**

INFORME: 14775

HOJA: 2 DE 2

DATOS INFORMATIVOS:				
OBRA:	SOLICITADO POR:	FECHAS:		
		RECEPCIÓN	ENSAYO	INFORME
INVESTIGACIÓN. ENSAYO DE COMPRESIÓN EN MUESTRAS DE ARCILLA COCIDA	SR. WILLINGTON BAUTISTA	17/05/2019	17/05/2019	20/05/2019

DATOS TECNICOS Y RESULTADOS:								
No.	MUESTRA	SECCIÓN mm ²	CARGA KN	ESFUERZO MPa	FACTOR DE CORRECCIÓN	ESFUERZO CORR. (MPa)	DIMENSIONES (mm)	
							Diámetro	Alto
1	1-B CRUDO. VICTORIA CAL: 5 g ARCILLA: 45 g	878,78	6,14	6,99	0,926	6,5	33,5	41,1
2	2-B. VICTORIA CAL: 10 g ARCILLA: 45 g	1081,03	6,18	5,72	0,887	5,1	37,1	39,2
3	3-B. VICTORIA CAL: 15 g ARCILLA: 45 g	1057,84	9,93	9,39	0,892	8,4	36,7	39,5
4	4-B. VICTORIA CAL: 20 g ARCILLA: 45 g	1104,47	8,01	7,25	0,893	6,5	37,5	40,6
5	5-B. VICTORIA CAL: 25 g ARCILLA: 45 g	1078,12	6,64	6,16	0,894	5,5	37,1	40,2
x	x	x	x	x	x	x	x	x

- OBSERVACIONES:
- TOMA DE MUESTRAS: Realizada por el cliente
 - REFRENTADO DE LA MUESTRA: Con mortero de azufre
 - FRACTURA: Fisura vertical columnar a través de ambos extremos, conos no muy definidos, en todos los casos
 - FECHA DE MUESTREO: 09/05/2019
 - EDAD DE LAS MUESTRAS: 8 días
 - NORMA DE REFERENCIA: ASTM C42
 - 1 MPa = 10.197 Kg/cm²



MUESTRA 1-B



MUESTRA 2-B



MUESTRA 3-B



MUESTRA 4-B



MUESTRA 5-B

Paola Villalba
ING. PAOLA VILLALBA MSc.
DIRECTORA (E)

A nexo 5. Análisis de compresión La Victoria y El Tingo.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MODELOS

TELEFAX: 2 522-655 CASILLA: 17-03-1650

Quito

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN REALIZADOS SOBRE
ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE ARCILLA COCIDA**

INFORME: 14810

HOJA: 2 DE 2

DATOS INFORMATIVOS:				
OBRA:	SOLICITADO POR:	FECHAS:		
		RECEPCIÓN	ENSAYO	INFORME
INVESTIGACIÓN. ENSAYO DE COMPRESIÓN EN MUESTRAS DE ARCILLA COCIDA	SR. WILLINGTON BAUTISTA	13/06/2019	14/06/2019	14/06/2019

DATOS TECNICOS Y RESULTADOS:								
No.	MUESTRA	SECCIÓN mm ²	CARGA KN	ESFUERZO MPa	FACTOR DE CORRECCIÓN	ESFUERZO CORR. (MPa)	DIMENSIONES (mm)	
							Diámetro	Alto
1	1-A* (EL TINGO) QUEMADO EN HORNO DE LEÑA	973,14	27,48	28,24	0,900	25,4	35,2	39,0
2		1017,88	29,29	28,78	0,892	25,7	36,0	38,7
3	1-B* (LA VICTORIA) QUEMADO EN HORNO DE LEÑA	1034,91	30,47	29,44	0,892	26,2	36,3	39,0
4		989,80	32,84	33,18	0,901	29,9	35,5	39,4
X	X	X	X	X	X	X	X	X

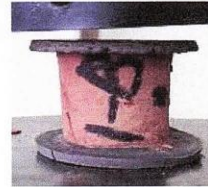
- OBSERVACIONES:
- TOMA DE MUESTRAS: Realizada por el cliente
 - REFRENTADO DE LA MUESTRA: Con mortero de azufre
 - FRACTURA: Fisura vertical columnar a través de ambos extremos, conos no muy definidos, en todos los casos
 - EDAD DE LAS MUESTRAS: 8 días
 - NORMA DE REFERENCIA: ASTM C42
 - 1 MPa = 10.197 Kg/cm²



MUESTRA No. 1



MUESTRA No. 2



MUESTRA No. 3



MUESTRA No. 4

Paola Villalba
ING. PAOLA VILLALBA MSc.
DIRECTORA (E)