

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL  
MORTERO CON INCORPORACIÓN DEL  
CAUCHO MOLIDO, CAJAMARCA, 2023”

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autores:**

Bily Amaya Cuipa  
Erick Karlton Arteaga Cabrera

**Asesor:**

Dr. Orlando Aguilar Aliaga  
<https://orcid.org/0000-0002-9255-1285>  
Cajamarca - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>HECTOR ARTURO CUADROS ROJAS</b>	<b>43275350</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>KATIA CARRION RABANAL</b>	<b>46269439</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>HUGO RODRIGUEZ CHICO</b>	<b>45955444</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### Informe de tesis Amaya - Arteaga

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>5</b> %	<b>1</b> %	<b>1</b> %	<b>4</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Católica de Santa María</b> Trabajo del estudiante	<b>1</b> %
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>3</b>	<b>Submitted to Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional de Colombia</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>5</b>	<b>biblioteca.posgraduacaoredentor.com.br</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad La Gran Colombia</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %

**TABLA DE CONTENIDO**

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	11
RESUMEN	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>14</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>23</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>23</b>
1.3.1. Objetivo General.	23
1.3.2. Objetivos Específicos	23
<b>1.4. Hipótesis</b>	<b>24</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	25
CAPÍTULO III: RESULTADOS	49
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	89
REFERENCIAS	98
ANEXOS	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variación de la dimensión .....	16
Tabla 2 Características de albañilería MPa .....	18
Tabla 3 Especificaciones del Caucho molido o granulado .....	22
Tabla 4 Cantidad de probetas de mortero con porcentajes incorporando caucho molido.....	25
Tabla 5 Cantidad de pilas en ladrillo artesanal con mortero incorporando caucho molido de diferentes porcentajes. ....	26
Tabla 6 Cantidad de pilas en ladrillo prefabricado con mortero incorporando caucho molido de diferentes porcentajes. ....	26
Tabla 7 Protocolo, Norma y código de cada ensayo. ....	26
Tabla 8:Especificaciones técnicas de Materiales para diseño de mezcla.....	43
Tabla 9:Dosificación para 6 probetas. ....	45
Tabla 10:Incorporación de caucho por porcentaje.....	45
Tabla 11 Granulometría del caucho.....	49
Tabla 12 Peso específico del cemento .....	50
Tabla 13 Gravedad específica y absorción .....	50
Tabla 14 Contenido de humedad del agregado.....	51
Tabla 15 Granulometría del agregado fino.....	51
Tabla 16 Resistencia a compresión y coeficiente de variación de ladrillo de artesanal.....	52
Tabla 17 Resistencia a compresión y coeficiente de variación de ladrillo de prefabricado.....	53
Tabla 18:Variabilidad dimensional ladrillo artesanal. ....	53
Tabla 19:Variabilidad dimensional ladrillo prefabricado. ....	53
Tabla 20:Absorción ladrillo Artesanal .....	54
Tabla 21:Absorción ladrillo Prefabricado. ....	54
Tabla 22 Succión ladrillo Artesanal .....	54
Tabla 23 Succión ladrillo Prefabricado .....	55
Tabla 24 Resistencia a compresión con 0% de incorporación de caucho molido .....	56
Tabla 25 Resistencia a compresión con 2% de incorporación de caucho molido .....	57

Tabla 26 Resistencia a compresión con 4% de incorporación de caucho molido .....	58
Tabla 27 Resistencia a compresión con 6% de incorporación de caucho molido .....	59
Tabla 28 Resistencia a compresión con 8% de incorporación de caucho molido .....	60
Tabla 29 Resistencia a compresión con 0% de incorporación de caucho molido .....	61
Tabla 30 Resistencia a compresión con 2% de incorporación de caucho molido .....	62
Tabla 31 Resistencia a compresión con 4% de incorporación de caucho molido .....	63
Tabla 32 Resistencia a compresión con 6% de incorporación de caucho molido .....	64
Tabla 33 Resistencia a compresión con 8% de incorporación de caucho molido .....	65
Tabla 34:Resistencia a compresión con 0% de incorporación de caucho molido .....	66
Tabla 35 Resistencia a compresión con 2% de incorporación de caucho molido .....	67
Tabla 36 Resistencia a compresión con 4% de incorporación de caucho molido .....	68
Tabla 37 Resistencia a compresión con 6% de incorporación de caucho molido .....	69
Tabla 38 Resistencia a compresión con 8% de incorporación de caucho molido .....	70
Tabla 39 Resistencia a compresión con 0% de incorporación de caucho molido .....	71
Tabla 40 Resistencia a compresión con 2% de incorporación de caucho molido .....	72
Tabla 41 Resistencia a compresión con 4% de incorporación de caucho molido .....	73
Tabla 42 Resistencia a compresión con 6% de incorporación de caucho molido .....	74
Tabla 43 Resistencia a compresión con 8% de incorporación de caucho molido .....	75
Tabla 44:Resistencia a compresión con 0% de incorporación de caucho molido .....	77
Tabla 45:Resistencia a compresión con 2% de incorporación de caucho molido .....	78
Tabla 46:Resistencia a compresión con 4% de incorporación de caucho molido .....	79
Tabla 47:Resistencia a compresión con 6% de incorporación de caucho molido .....	79
Tabla 48:Resistencia a compresión con 8% de incorporación de caucho molido .....	81
Tabla 49:Resistencia a compresión con 0% de incorporación de caucho molido .....	83
Tabla 50:Resistencia a compresión con 2% de incorporación de caucho molido. ....	83
Tabla 51:Resistencia a compresión con 4% de incorporación de caucho molido. ....	85
Tabla 52:Resistencia a compresión con 6% de incorporación de caucho molido. ....	86
Tabla 53:Resistencia a compresión con 8% de incorporación de caucho molido. ....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Ubicación del caucho molido.....	28
Figura 2 :Tamizado del caucho molido en el laboratorio de la UPN.....	29
Figura 3: Baño maría en el laboratorio de UPN. ....	30
Figura 4: Ubicación de la Cantera 3M.....	31
Figura 5: Colocación de las taras al horno y el peso de tara después de las 24 hrs en el horno en el laboratorio de la UPN.....	33
Figura 6: Colocación del material en las taras en el laboratorio de la UPN. ....	34
Figura 7: Apisonado con varilla de compactación en el laboratorio de la UPN. ....	35
Figura 8 :Ubicación de la ladrillera El Cerrillo. ....	36
Figura 9: Medias de los ladrillos (largo, ancho y altura) en el laboratorio de la UPN. ....	37
Figura 10: Compresión axial del ladrillo en el laboratorio de la UPN. ....	37
Figura 11: Medidas (largo, ancho y altura) en el laboratorio de la UPN.....	38
Figura 12: Peso de cada ladrillo en seco en el laboratorio de la UPN. ....	39
Figura 13: Ladrillos por 24 hrs en depósito con agua en el laboratorio de la UPN .....	40
Figura 14 :Colocación de ladrillo en la bandeja para la succión en el laboratorio de la UPN.....	41
Figura 15 : Valores de relación agua-cemento y resistencia a la compresión .....	43
Figura 16: Elaboración de cubos en el laboratorio de la UPN.....	46
Figura 17: Elaboración de pilas de ladrillo en el laboratorio de la UPN. ....	46
Figura 18: Ensayo a compresión de cubos en el laboratorio de la UPN.....	47
Figura 19:Ensayo a compresión de pilas de ladrillo en el laboratorio de la UPN. ....	47
Figura 20: Curva granulométrica.....	52
Figura 21: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 0% de incorporación de caucho molido a la edad de 7 días. ....	56
Figura 22: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 2% de incorporación de caucho molido a la edad de 7 días. ....	57
Figura 23: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 4% de incorporación de caucho molido a la edad de 7 días. ....	58

Figura 24: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 6% de incorporación de caucho molido a la edad de 7 días. ....	59
Figura 25: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 8% de incorporación de caucho molido a la edad de 7 días. ....	60
Figura 26: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 0% de incorporación de caucho molido a la edad de 14 días. ....	61
Figura 27: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 2% de incorporación de caucho molido a la edad de 14 días. ....	62
Figura 28: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 4% de incorporación de caucho molido a la edad de 14 días. ....	63
Figura 29: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 6% de incorporación de caucho molido a la edad de 14 días. ....	64
Figura 30: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 8% de incorporación de caucho molido a la edad de 14 días. ....	65
Figura 31: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 0% de incorporación de caucho molido a la edad de 21 días. ....	66
Figura 32: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 2% de incorporación de caucho molido a la edad de 21 días. ....	67
Figura 33: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 4% de incorporación de caucho molido a la edad de 21 días. ....	68
Figura 34: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 6% de incorporación de caucho molido a la edad de 21 días. ....	69
Figura 35: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 8% de incorporación de caucho molido a la edad de 21 días. ....	70
Figura 36: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 0% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. ....	71
Figura 37: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 2% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. ....	72
Figura 38: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 4% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. ....	73
Figura 39: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 6% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. ....	74
Figura 40: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 8% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. ....	75



Figura 41: Resistencia a Compresión de Cubos de mortero sin / con incorporación al 0%,2% 4%,6% y 8% de caucho granulado o molido. .... 76

Figura 40: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de cubos de mortero con 0%, 2%, 4%, 6% y 8% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. .... 76

Figura 42: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de pilas de ladrillo artesanal con 0% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. .... 77

Figura 43: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de pilas de ladrillo artesanal con 2% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. .... 78

Figura 44: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de pilas de ladrillo artesanal con 4% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. .... 79

Figura 45: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de pilas de ladrillo artesanal con 6% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. .... 80

Figura 46: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de pilas de ladrillo artesanal con 8% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. .... 81

Figura 47: Resistencia a compresión en pilas de Ladrillo Artesanal sin / con incorporación al 0%,2% 4%,6% y 8% de caucho granulado o molido. .... 82

Figura 46: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de pilas de ladrillo artesanal con 0%, 2%, 4%, 6%, y 8% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. .... 82

Figura 48: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de pilas de ladrillos prefabricados con 0% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. .... 83

Figura 49: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de pilas de ladrillos prefabricados con 2% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. .... 84

Figura 50: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de pilas de ladrillos prefabricados con 4% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. .... 85

Figura 51: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de pilas de ladrillos prefabricados con 6% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. .... 86

Figura 52: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de pilas de ladrillos prefabricados con 8% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. .... 87

Figura 53: Resistencia a compresión en pilas de Ladrillo prefabricado con incorporación de caucho molido..... 88

Figura 52: Gráfico Esfuerzo vs Deformación de pilas de ladrillos prefabricados con 0%, 2%, 4%, 6%, y 8% de incorporación de caucho molido a la edad de 28 días. .... 88

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 :Fórmula de gravedad específica y absorción .....	32
Ecuación 2 :Contenido de humedad. ....	33
Ecuación 3 :Densidad de Masa (Peso Unitario) .....	35
Ecuación 4 :Contenido de Vacío .....	36
Ecuación 5 :Resistencia a compresión.....	38
Ecuación 6 : Coeficiente de variación .....	38
Ecuación 7 : Variabilidad dimensional.....	39
Ecuación 8 : Absorción y % de absorción.....	40
Ecuación 9 :Succión .....	41

## RESUMEN

La investigación científica, es de tipo experimental, y se realizó con la finalidad de verificar la resistencia a compresión axial de un mortero incorporando caucho molido en cuatro porcentajes de 0%, 2%, 4%, 6%, y 8%. Para proporcionar alternativas en el uso de morteros con diferentes resistencia a la compresión axial, y lograr reutilizar caucho molido, se ha seleccionado la cantera Río Mashcón ubicada en Cajamarca, de la cual se han analizado sus propiedades físicas del agregado fino, determinando que su peso unitario suelto del agregado fino  $1625.09 \text{ kg/cm}^3$ , gravedad específica  $2.40 \text{ gr/cm}^3$ , absorción 4.88% y contenido de humedad 1.06%; así mismo, se verificó la finura del cemento Pacasmayo Portland tipo I, encontrándose su valor de 3.14%, y del mismo modo se evaluó el diámetro del caucho molido la cual varía entre 0.3 – 2.36 mm; se ha propuesto 4 edades para realizar ensayos de resistencia a compresión axial: 7 días, 14 días, 21 días y 28 días para cubos de mortero y para pilas de ladrillo Artesanal e industrial a la edad de 28 días, registrándose que aumenta la resistencia a compresión axial de los cubos , en 5.76%, 13.92% y 2.77%, para la incorporación de caucho molido en la mezcla de 2%, 6% y 8% respectivamente, a la edad de 28 días, para las pilas elaboradas con ladrillo artesanal aumento su resistencia a compresión axial en 5.43%, con 4% de incorporación de caucho molido, en el caso de las pilas elaboradas con ladrillo industrial aumento 10.71% para el mismo porcentaje de incorporación de caucho molido en la mezcla.

**PALABRAS CLAVES:** Mortero, Resistencia a la compresión Axial, Caucho Molido

## **NOTA**

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto**, por determinación de los propios autores amparados en el Texto Integrado del Reglamento RENATI, artículo 12.

## REFERENCIAS

- Angulo, V. L. (2020). Influencia de la adición al 2%, 3% y 5% de ceniza volante en las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento en Cajamarca, 2019 (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/25359>
- Almeida Salazar, n. g. (2011). utilización de fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de bloques de mampostería para mitigar el impacto ambiental en el cantón ambato. (*tesis de título*). universidad técnica de ambato, ambato – ecuador.
- Bonilla Mancilla , d. e. (s.f.). factores de corrección de la resistencia compresión de prismas de albañilería por efectos de esbeltez. (*tesis para título*). pontificia universidad católica del Perú, lima.
- Cabanillas Huachua, e. r. (2017). comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado. (*tesis de título*). universidad nacional de cajamarca, cajamarca - Perú.
- Cabrera Alvarez, c. j. (2018). "evaluación de resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (hércules i) fabricados en la ciudad de tacna. (*tesis para título*). universidad privada de tacna, tacna.
- Cabrera Rodriguez, e., leon fernandez, v., montano perez, a., & dopico ramírez, d. (2016). caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento. *centro azucar*, 27-35.
- Cebrián, I. (2014). Efecto de la Parafina Microencapsulada como Material de Cambio de Fase (PCM) en el mortero de cal aérea. En *construible*. Recuperado de <http://construible.es>
- Cepri s. a. (05 de 12 de 2011). granulado de caucho para canchas sintéticas. obtenido de innova ships nivaldo antonio lillo bufadel e. i. r. l.: <http://repositoriodigital.corfo.cl/handle/11373/2377>
- Fernández, M., Soto, M. (1980). Morteros y hormigones con cera: ¿Una respuesta a la durabilidad? En *Revista Materiales de Construcción* 619-56. Recuperado de <http://materconstrucc.revistas.csic.es>
- Gallegos , h., & casabonne, c. (2005). albañilería estructural. lima - Perú: fondo editorial.
- González , s., Cuartas , j., Gómez, d., & Galindo , a. (21 de mayo de 2015). efectos de la adición de fibras de caucho. obtenido de scribd: <https://es.scribd.com/document/266088477/resistencia-mecanica-morteros-con-adicion-de-caucho-reciclado>
- Guzmán Rojas , y. j., & Guzmán Rojas, e. l. (2015). sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en chimbote-2015. (*tesis de título*). universidad nacional del santa, nuevo chimbote-Perú.
- Naik, a. (mayo de 2008). sustainability of concrete construction. *structural design and construction*, págs. 98- 103.
- Olivera Carrillo, c. e., & casanova leon, j. e. (2015). analisis de la resistencia a la compresión del concreto, reemplazando el agregado fino con caucho sintético granulado usado en canchas deportivas de gras sintético. (*tesis para título*). universidad andina del cusco, cusco.

- Peláez Arroyave, g. j., velásquez restrepo, s. m., & giraldo vásquez, d. h. (14 de 02 de 2017). aplicaciones de caucho reciclado: una revisión. ciencia e ingeniería neogranadina, págs. 27-50.
- Pérez Oyola, j. c. (2017). estudio para caracterizar una mezcla de concreto con. (tesis de título). universidad católica de colombia, bogotá d. c.
- Rodríguez Mora, o. (2003). morteros guia general. madrid: afam.
- Rosario Ferrer, y., jiménez roché, k., argüelles castillo, d., & montes de oca risco, a. (01 de 06 de 2015). sistema experto para la elección del tipo de recuperación en canteras de materiales de construcción. universidad de las ciencias informáticas. la habana, cuba, pág. 48.
- Ruiz Rivera, s. j. (s.f.). estudio de las propiedades físico -mecánicas del ladrillo de arcilla elaborado en el centro poblado menor de otuzco y ladrillo industriales rex . (tesis para título). universidad nacional de cajamarca, cajamarca.
- Sáenz Correa, m. c. (s.f.). "influencia del espesor de la junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería. (tesis para título). universidad privada del norte, cajamarca.
- Salamanca Correa, r. (2008). tecnologia de los morteros. universidad nacional de colombia, 42-48.
- Sánchez, J. J. (2019). Resistencia a compresión del mortero cemento – arena incorporando puzolana volcánica (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/23864>
- Sanchez de Guzman, d. (2001). tecnologia del concreto y del mortero. santafe de bogota: bhandar editores.
- Silva, P. V. (2019). Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo artesanal e industrial con mortero cemento - arena 1:4 mejorado con vidrio molido (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/27341>
- Lazo, C. M. (2018). Variación de la resistencia a compresión de pilas fabricadas de ladrillos de arcilla industrial, artesanal y de concreto utilizando mortero con y sin cal (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/14097>
- Torres Ospina, h. a. (2014). valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho. (tesis de maestria). escuela colombiana de ingeniería julio garavito, bogotá-colombia.
- Valdivia, J. I. (2021). Comparación de la resistencia a la compresión ( $f_m$ ) de pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero tradicional y mortero no tradicional (Massa DunDun) - Cajamarca - 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/27751>
- Vegas, i., Azkarate, i., Juarrero, a., & frías, m. (2009). diseño y prestaciones de morteros de albañilería elaborados con áridos. instituto de ciencias de la construcción eduardo torroja (ietcc-csic) (madrid, españa), 14.
- Zetola, V., García, A., Neila F. (2013). Mortero de cemento Portland con parafinas microencapsuladas. En Revista de la construcción, 12 (5) pp. 75-86. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127628890008>