

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia mecánica de la albañilería estructural y mortero  
con cemento sustituido en 10% y 15% por relaves**

**Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil**

**Autor**

Tarazona Rincón, María Cristina

**Asesor**

Flores Reyes, Gumercindo  
Código ORCID 0000-0002-2305-7339

Huaraz – Perú

2019

## ÍNDICE

### **Contenido**

Índice de Tablas.....	iii
Índice de Gráficos.....	v
Título .....	vi
Palabras Claves – key words – Líneas de investigación .....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
Introducción .....	1
Metodología .....	37
Resultados .....	47
Análisis y Discusión .....	76
Conclusiones y Recomendaciones .....	79
Agradecimientos .....	82
Referencias Bibliográficas .....	83
Anexos .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 01: Tipos de Ladrillo	11
TABLA 02: Granulometría de la arena gruesa	13
TABLA 03: Propiedades físicas y químicas del Cemento Sol tipo I	14
TABLA 04: Valores permisibles de emisión para unid. Mineros metalúrgicos	26
TABLA 05: Métodos para la determinación de $f'm$ y $v'm$	29
TABLA 06: Incremento de $f'm$ y $v'm$ por edad	30
TABLA 07: Resistencia característica de la albañilería	31
TABLA 08: Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez	32
TABLA 09: Diseño para la resistencia a compresión axial	37
TABLA 10: Diseño para resistencia a compresión diagonal	37
TABLA 11: Técnicas de recolección de información	38
TABLA 12: Resultado de contenido de humedad	47
TABLA 13: Resultado de la granulometría	48
TABLA 14: Resultados peso específico y absorción del agregado fino	49
TABLA 15: Resultado peso unitario suelto	50
TABLA 16: Resultado Peso unitario compactado	50
TABLA 17: Relación Agua/Cemento	51
TABLA 18: Resultado de la fluidez de la mezcla del mortero	52
TABLA 19: Resultado de la composición química del relave mediante FRXD	53
TABLA 20: Resultado del peso específico de las muestras	56
TABLA 21: Resultado de pH de relave minero	57
TABLA 22: Resultado de pH de cemento	57

TABLA 23: Resultado de pH de cemento 90% + 10% relave minero	57
TABLA 24: Resultado de pH de cemento 85% + 15% relave minero	58
TABLA 25: Datos para cálculo de $f'm$ de P-patrón	59
TABLA 26: Cálculo del $f'm$ de P-patrón	59
TABLA 27: Corrección del $f'm$ por esbeltez del P-patrón	60
TABLA 28: Datos para cálculo de $f'm$ de P-10%	61
TABLA 29: Cálculo del $f'm$ de P-10%	61
TABLA 30: Corrección del $f'm$ por esbeltez del P-10%	62
TABLA 31: Datos para cálculo de $f'm$ de P-15%	63
TABLA 32: Cálculo del $f'm$ de P-15%	63
TABLA 33: Corrección del $f'm$ por esbeltez del P-15%	64
TABLA 34: Datos para cálculo de $v'm$ de M-patrón	66
TABLA 35: Hoja de cálculo para obtener $v'm$ de M-patrón	66
TABLA 36: Cálculo de $v'm$ de M-patrón	67
TABLA 37: Datos para cálculo de $v'm$ de M-10%	69
TABLA 38: Hoja de cálculo para obtener $v'm$ de M-10%	69
TABLA 39: Cálculo de $v'm$ de M-10%	70
TABLA 40: Datos para cálculo de $v'm$ de M-15%	72
TABLA 41: Hoja de cálculo para obtener $v'm$ de M-15%	72
TABLA 42: Cálculo de $v'm$ de M-15%	73



## ÍNDICE FIGURAS

FIGURA 01: Deformación lateral de especímenes sometidos a ensayos de compresión	28
FIGURA 02: Esbeltez en prismas de ladrillos y bloques	31
FIGURA 03: Fuerza cortante en la albañilería	33
FIGURA 04: Curva granulométrica	48
FIGURA 05: Espectro de FRXD de muestra de relave en escala semi logarítmica <sup>54</sup>	
FIGURA 06: Resultado del pH de las muestras	58
FIGURA 07: Esfuerzo a compresión axial para la muestra patrón, con 10% y 15% de sustitución por relave minero	65
FIGURA 08: Esfuerzo al corte para la muestra patrón, con 10% y 15% de sustitución por relave minero	75
FIGURA 09: Porcentaje de dispersión para las muestras	75

**“RESISTENCIA MECÁNICA DE LA ALBAÑILERÍA  
ESTRUCTURAL Y MORTERO CON CEMENTO  
SUSTITUIDO EN 10% Y 15% POR RELAVES”**

## PALABRAS CLAVE

Tema	Mortero, albañilería estructural, resistencia, adherencia, relave minero.
Especialidad	Tecnología de Concreto

## KEYWORDS

Topic	Mortar, Structural masonry, resistance, adherence, mining tailings
Specialty	Concrete technology

## LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Código	Línea
	Construcción y Gestión de la construcción
02.00	Ingeniería y Tecnología
02.01	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil
Sub- líneas o Campos de investigación	Materiales de construcción

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general determinar la resistencia mecánica de un mortero para la albañilería estructural cuando se sustituye el cemento en 10% y 15% por relave minero proveniente de la Planta de Tratamiento Minera Huinac SAC. Se realizaron pruebas de laboratorio para determinar propiedades físicas de los agregados finos y determinar las propiedades físicas de los agregados finos. agregados finos fluidez del mortero, pH, peso específico mediante el método de desplazamiento y composición química del relave mediante el procedimiento de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía (FRXDE).

Con los resultados de laboratorio, se construyeron 09 pilares y 09 muretes con el empleo de ladrillo de arcilla KK de 18 huecos, distribuidos en 03 muestras patrón, 03 muestras con 10% de relave y 03 muestras con 15% de relave; para ser sometidos a los ensayos de compresión axial, resultando los siguientes valores P-Patrón = 8.748 kg/cm<sup>2</sup>, P-10% = 6.729 kg/cm<sup>2</sup> y P-15% = 5.511 kg/cm<sup>2</sup>; y compresión diagonal, resultando los siguientes valores M-Patrón = 39.745 kg/cm<sup>2</sup>, M-10% = 30.670 kg/cm<sup>2</sup> y M-15% = 30.679 kg/cm<sup>2</sup>.

Concluyendo que cuando se utiliza para la prueba de esfuerzo de compresión axial, si hay relave en un 10% y 15% en el mortero, reduce de manera similar la resistencia mecánica de éste, en comparación al mortero sin relave; y para los ensayos de esfuerzo al corte, en el mortero, la presencia de relave en un 10%, reduce en un 23% la resistencia mecánica del mortero a diferencia de la presencia de relave en un 15%, que reduce la resistencia mecánica del mortero en un 37%. Significando que, a mayor presencia de sustitución de cemento por relave, menor será la resistencia mecánica en el compuesto estructural de albañilería.

## Abstract

The general objective of this research was to determine the mechanical strength of a mortar for structural masonry when cement is replaced in 10% and 15% by mining tailings from the Minera Huinac SAC Treatment Plant. Laboratory tests were performed to determine the physical properties of the fine aggregate, the fluidity of the mortar, the pH, specific weight by means of the displacement method and determination of the chemical composition of the tailings by means of the energy dispersive x-ray fluorescence (FRXDE). With laboratory results, we proceeded to build 09 pillars and 09 walls with the use of clay brick KK of 18 holes, distributed in 03 standard samples, 03 samples with 10% tailings and 03 samples with 15% tailings; to be subjected to axial compression, resulting in the following values P-Patrón = 8.748 kg/cm<sup>2</sup>, P-10% = 6.729 kg/cm<sup>2</sup> and P-15% = 5.511 kg/cm<sup>2</sup>; and diagonal compression tests, resulting in the following values M-Patrón = 39.745 kg/cm<sup>2</sup>, M-10% = 30.670 kg/cm<sup>2</sup> and M-15% = 30.679 kg/cm<sup>2</sup>.

Concluding that, for the tests of stress to the axial compression, the presence of tailings in a 10% and 15% in the mortar, reduces in a similar way the mechanical resistance of this, in comparison to the mortar without tails; and for the tests of effort to the cut, in the mortar, the presence of tailings in a 10%, reduces in a 23% the mechanical resistance of the mortar as opposed to the presence of tailings in a 15%, that reduces the mechanical resistance of the mortar in a 37%. Meaning that, the greater the presence of substitution of cement by tailings, the lower the mechanical strength in the brick masonry structural compound.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. ANTECEDENTES

Arriola, J. (2009) propuso utilizar una gran cantidad de mortero de cemento hidráulico para construir muros con estructura de mampostería, cuyas propiedades les permiten trabajar de manera ideal cuando están sometidos a cargas de servicio. El estudio propuesto incluyó una serie de pruebas para determinar la parte precisa del mortero que se asemejaba a la resistencia de los materiales de mampostería comúnmente utilizados en la construcción de muros de mampostería. Para determinar estas proporciones, se comenzó evaluando la resistencia a la compresión de la muestra, determinadas mediante perforación en varias plantas de acuerdo con las relaciones de materiales que rigen la norma ASTM C-270, así como los elementos de mampostería a utilizar, que tienen estas proporciones UGC cemento (Tipo I (PM), norma ASTM C-1157) y cal hidratada, además de usar cemento en bloque adhesivo (Tipo S, norma ASTM C-91). Tras evaluar todas las propiedades mecánicas de estas fracciones de material, se determinó si los errores mostrados en los prismas indican si la resistencia del mortero está por debajo o por encima de la resistencia del elemento de mampostería, con la conclusión de que las fracciones proyectadas en morteros calcáreos son lograr mejores resultados en términos de para la retención de agua frente a los que no contienen aditivos de este material, que retrasan el inicio del fraguado y alargan el tiempo en estado plástico, además de resistencia a la compresión de muros de mampostería de bloques  $35 \text{ kg / cm}^2$  y  $25 \text{ kg / cm}^2$ , es mayor si se pueden utilizar morteros con aditivos calcáreos en su proporción, lo que no ocurre si los morteros no contienen cal, el cizallamiento y la compresión de los muros de mampostería de bloques de  $35 \text{ kg / cm}^2$  aumenta al aumentar la proporción de cal en la proporción de mortero utilizado para su construcción. Los factores de reducción de la resistencia al cizallamiento para muros de mampostería hechos de bloques de  $25 \text{ kg / cm}^2$  aumentan cuando se utiliza cemento adhesivo para bloques como aglutinante. La reducción de la

resistencia a la presión para muros de mampostería de bloques de 25 kg / cm<sup>2</sup> aumenta como la proporción de cal en las proporciones de los morteros utilizados para el levantamiento, y finalmente las proporciones que presentan mejores propiedades para su uso en el levantamiento de morteros son la proporción 1 (1: 0,25: 3,13) y relación 4 (1: 0,50: 3,50) de cemento UGC.

De la Sotta, J. (2010) analizó la diferencia en calidad y costo entre el mortero de mampostería fabricado en obra y el mortero de mampostería de una planta mezcladora de concreto. De la investigación se puede concluir que en el desempeño del mortero lo más importante es la trabajabilidad, la resistencia a la retención y a la compresión, pues afectarán el proceso de albañilería y el resultado final de la mampostería. En el análisis de cumplimiento de estos requisitos de desempeño, se puede ver que la trabajabilidad del mortero producido en el sitio depende de la calidad de la arena, y la calidad no siempre cumple con los requisitos y el alcance de la norma NCh2256 / 1. dosis establecida. Por otro lado, Pegamix Brick proporciona una usabilidad que puede durar 4 horas sin agregar agua, lo que ayuda al proceso de colocación de la mampostería. Cuando el mortero fabricado en obra tenga resistencia a la retención y a la compresión, debe cumplir con los requisitos especificados en la norma. NCh2256 / 1, la dosis restringida no debe exceder 1: 3 (cemento: arena) y no se debe utilizar arena que cumpla con la norma NCh2256 / 1. Por otro lado, Pegamix Ladrillo está dispuesta a cumplir con estos requisitos. Además, cabe mencionar que Pegamix Ladrillo presenta una calidad homogénea y buena trabajabilidad, lo que favorece su colocación, mejor terminación de la mampostería y reducción de pérdidas, y colocarlo en uno de los morteros fabricados en obra. Se considera que el control del producto asegura la realización de su desempeño.

Mejía, A., Chichilla, L. y Mendoza, C. (2012) evaluaron la resistencia utilice el siguiente procedimiento para comprimir el mortero a los 3, 7 y 28 días: probetas descrito en la norma. Método de prueba estándar C780 para preconstrucción y

evaluación. Para morteros unitarios simples y reforzados, y cuando se utilizan procedimientos y especímenes establecidos por las especificaciones ASTM C31: En este campo, las prácticas estándar para refinar y curar especímenes concreto. De acuerdo con datos obtenidos de la resistencia a la compresión de un mortero, la conclusión es que se pueden utilizar probetas cilíndricas de 6 pulgadas x 12 pulgadas, 3 pulgadas x 6 pulgadas, 2 pulgadas x 4 pulgadas y 2 pulgadas cúbicas para dibujar los más representativos. Los valores de las muestras resultantes son cilindros de 2 pulgadas x 4 pulgadas porque mantiene los valores más cercanos al promedio se evaluó la resistencia obtenida de muestras de cuatro tamaños para cada grupo de edad ensayado en campo y en laboratorio después de 3, 7 y 28 días. Además, la resistencia obtenida en el laboratorio indicó muestras de cuatro tamaños marca la tendencia indicada en relación al desarrollo de resistencias a lo largo del tiempo según la relación entre fuerza y área, para cada tamaño de la muestra estudiada, los resultados a evaluar y obtener son los esperados; la resistencia del cubo del cilindro representa el valor más alto en todos los grupos de edad, y el 6 "x 12 pulgadas. "La resistencia de los cilindros representa el valor más bajo.

Medina, E. & Huarca, J. (2017) evaluaron cambios en flexibilidad adhesiva entre morteros estándar P2 y NP. Cambio en la resistencia a la compresión de una pared de ladrillos en cuanto a la resistencia que aporta el mortero NP estándar, se instala en el mortero estándar P2; en relación a la resistencia que aporta el mortero NP estándar, la resistencia a compresión axial del pilar bloque con el mortero estándar P2 cambia. A partir de estos resultados se extrae una conclusión muy importante, en la que se destaca que, respecto al mortero NP, el cambio en la resistencia a la flexión provocada por la adherencia del mortero P2 es del 32,64%, lo que supera el nivel propuesto en la subhipótesis H1.

El cambio en la resistencia a la compresión VI, la fuerza axial P2 del pilar enlucido es relativa a la del mortero NP es 16,48%, superior al valor indicado en el subhipótesis H3. Cambios en la resistencia a la compresión diagonal del muro del mortero P2 respecto al mortero NP es 9.67%, que no excede el valor



mostrado en el hipotético H2. Además, resistente a la compresión axial de la muestra de mortero de 5 cm cúbicos sobre el lado P2 tampoco tiene cambios en NP el contenido de mortero es 34,26%. De esta forma, el mortero tipo P2 estandarizado tiene mejores características de resistencia que el mortero tipo NP estandarizado, pero no se recomienda utilizar este nuevo tipo de albañilería de arcilla recién horneada denominada Blocker 10 para realizar tabiques, ya que es peligrosa para soportar cargas y su destrucción es explosiva en cizallamiento.

Morante, A. (2008), El objetivo es de mejorar la adherencia del concreto con mortero-ladrillo a través de 3 técnicas constructivas sencillas y económicas: técnica A (propuesta por el fabricante del bloque para colocar la unidad de secado usar mortero 1: 4), técnica B (igual que la técnica A, pero solidificar las juntas) y técnica C (igual que la técnica A, pero adicionar cal al mortero) para mejorar la resistencia al corte de la albañilería, usando 2 estructuras tecnología además del procedimiento de comparación sugerido por el fabricante para intentar incrementar la cohesión entre el mortero y el ladrillo, los demás procedimientos de comparación usan todos la tecnología de creación especificada por el fabricante de ladrillos de concreto, en la que se usa la prueba de compresión diagonal del muro de mampostería para medir la adherencia del ladrillo de mortero. Los resultados de la prueba muestran que ninguna de las tres tecnologías tiene un rendimiento claro en el valor resiste la compresión axial. Sobresaliente, pero sutilmente distinto en la resistencia a la compresión diagonal, por lo cual la tecnología de creación más correcta se define a partir del aspecto económico y la resistencia a la compresión diagonal. Teniendo en cuenta ya que la resistencia a la compresión diagonal aumenta levemente y el aumento de precio es menor, se puede concluir que la técnica constructiva más correcta es la técnica C (estilo), seguida de la técnica A, y al final la técnica B.

El propósito de Cárdenas, L. & Baca, E. (2016). Conozca la predominación de la calidad del mortero de arena en la cantera local sobre la resistencia de la obra de roca de Chachapoyas. Primero descubrieron los minerales a explorar (Cerro,

río Utcumbamba y San Isidro, Colorado), y luego exploraron las propiedades de la arena, el mortero y la albañilería. Posteriormente, realizaron pruebas en pilas y muros de albañilería, el proceso es el siguiente: Ensayo granulométrico del agregado fino (arena), donde concluyeron que la arena en la cantera Cerro Colorado está más cerca de los requisitos de la norma E.070. Ensayo de carga de compresión del mortero de cemento: Usando arenas de cerro Colorado, Río Utcubamba, San Isidro, respectivamente, se obtuvieron resistencias de 150 kg / cm<sup>2</sup>, 77,56 kg / cm<sup>2</sup> y 30,89 kg / cm<sup>2</sup>. La prueba de la unidad de albañilería es de grado II. Se probó el ensayo de compresión axial de pilas y compresión diagonal de muretes usando agregado fino (arenas) de las minas Cerro Colorado, Río Utcubamba y San Isidro, donde se generaron fuerzas de compresión axiales de 60,76 kg / cm<sup>2</sup> y 43,98 kg / cm<sup>2</sup> y 43,47 kg / cm<sup>2</sup>. Y de compresión diagonal de 9,32 kg / cm<sup>2</sup>, 9,48 kg / cm<sup>2</sup> y 11,03 kg / cm<sup>2</sup>. Concluyendo que el mortero utilizado de cantera en Colorado es más resistente a los incidentes de albañilería.

Según comentarios anteriores, la presente investigación se justifica en términos teóricos, prácticos, sociales y científicos; ya que el conocer teóricamente las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que conforman un muro de albañilería, así como su comportamiento con cantidades y proporciones típicas, conlleva a poder evaluar su comportamiento cuando se reemplaza uno de estos componentes en cantidades razonables, como es el caso del empleo de los relaves mineros como material sustituyente del cemento en el mortero. Lo cual es ventajoso socialmente ya que se está participando en la mitigación del impacto ambiental, reduciendo el volumen de depósitos generados por relaves existentes en las riberas de los ríos y cuencas en la zona sierra de la Región Ancash, así como en la reducción de costos de construcción al emplear materiales naturales.

La presente investigación científica va a ayudar a observar, describir y determinar la resistencia requerida para el correcto uso de mortero en la colocación de ladrillos industriales para muros de albañilería, a fin de evaluar si tiene la misma trabajabilidad y resistencia que un sustituto del cemento, y así

verificar su efectividad en los muros de albañilería en cuanto a la resistencia a la compresión y su correcta adherencia, ya que, si ésta se verifica, jugará un gran papel en su estructura.

Es importante saber que los materiales deben ser estudiados de antemano para ver si se pueden utilizar en diferentes tipos de edificaciones a fin de utilizar adecuadamente los residuos mineros en lugar del cemento, los mismos que deben cumplir determinadas especificaciones para que su uso no los dañe de manera prematura.

Las viviendas de hoy, son un sistema cerrado de albañilería, que se une por muros de albañilería con mortero, basado en la N.T.P. E-070 (2006), la cual introduce algunos cambios al referirse a las unidades de mampostería, que involucran requisitos que debe cumplir cada unidad utilizada para la aceptación, incluyendo algunos parámetros estadísticos. Por ejemplo, al calcular la resistencia característica de un lote de ladrillos, podría traer limitaciones estructurales, por lo que, se recomienda seleccionar la unidad utilizada para la construcción del muro de carga y las características de la posición de trabajo en la zona sísmica donde se vaya a construir la edificación.

Por ello, es necesario conocer y comprender las propiedades físicas y mecánicas de la unidad y pilares de albañilería a través de ensayos de laboratorio para verificar si cumplen con las normas técnicas vigentes, lo que también contrastará con las especificaciones técnicas dadas por la empresa ladrillera.

Por lo mencionado se formula el problema ¿De qué manera se puede determinar la resistencia mecánica de la albañilería estructural y mortero con cemento sustituido en 10% y 15% por relaves minero?

En la bibliografía se pueden consultar diversas definiciones es útil para el desarrollo de investigaciones, tales como:

## Albañilería

San Bartolomé, A. (2001), trata la albañilería grupo de unidades que tienen la posibilidad de enclavarse o pegarse entre sí con materiales como arcilla o mortero de cemento. Las unidades tienen la posibilidad de ser naturales (piedra) o artificiales (adobe, muro, ladrillo y bloque). El sistema se creó por el ser humano primordialmente para saciar sus necesidades de vivienda.

La albañilería es el material más utilizado en la construcción de viviendas en el Perú porque atiende a un sector específico (clase media baja) y a la mayoría de la población del país. El precio de las casas de mampostería es barato, dentro del rango de las necesidades de la clase social, sus necesidades se encuentran entre 2 y 5 pisos, frente a las soluciones brindadas u otro tipo, tienen una ventaja económica de hasta el 25%. (Aguirre, D. 2004).

Clasificación de la albañilería: Debido a la función estructural, tenemos:

### Muros portantes

Horna, M. (2015) Señala que un muro utilizado como elemento estructural. Se ven afectados por varias fuerzas. El muro estructural se encarga de transferir las cargas verticales y horizontales de la edificación hasta los cimientos.

San Bartolomé, A. (2001). Sostiene que son los muros que se utilizan como elementos estructurales del edificio sometidos a diversas tensiones, tanto contenidas en el plano como perpendiculares al plano, ya sean verticales u horizontales, permanentes o finales.

### Muros No Aportantes

Abanto, F. (2007) Manifiesta los muros no portantes se refieren a los muros que están sometidos a cargas verticales (peso propio) y horizontales (sísmicas) perpendiculares a sus planos. Deben ser considerados en esta clasificación de

vallas, muros de contención y tabiques; pueden ser macizos, construcción de unidad de albañilería hueca o tubular.

A través del refuerzo, tenemos:

Muro de mampostería ordinario o no reforzado

San Bartolomé, A. (2001) los consider paredes sin refuerzo. De lo contrario, no pueden cumplir con los requisitos legales mínimos que debe tener todo muro reforzado.

Su uso está limitado a edificios de un piso, pero muchos edificios no están reforzados a pesar de que tienen cinco pisos de altura, que no deben usarse debido a su vulnerabilidad a daños durante un terremoto. (Estándar E 070).

Muro reforzado

El refuerzo de muro de construcción (refuerzo de muro) se refuerza en la industria con varillas de acero que están dispuestas vertical y horizontalmente y están conectadas con concreto y agua, por lo que los componentes son diferentes y trabajen juntos para resistir este efecto. Los muros de mampostería armada también se denominan muros armados.

Pared laminada. Este tipo de muro consiste en una losa de concreto delgada (1-4 pulgadas según el espesor, utilizando lechada u hormigón ordinario), reforzada con una malla metálica central y dos revestimientos simples, estos dos paneles de pared se utilizan como marco para la placa de losa. Este es el resultado de la adhesión entre el concreto y las paredes del edificio y la cooperación entre ambos. Nuestras reglas no consideran tal sistema. (San Bartolomé, A. 2001).

Muro de albañilería hermético (muro hermético). La albañilería se refuerza con recursos de concreto mejorados cerca de la parte subsiguiente de la albañilería. La cimentación de concreto se estima un muro horizontal por el primer muro. (Norma E 070).

#### Unidades de albañilería-ladrillos

El ladrillo es un bloque, en forma de prisma rectangular. Se utiliza para construir varios edificios. Suele ser de arcilla, amasada con agua, moldeada, secada y luego cocida a altas temperaturas (800°C a 1000°C). Estos ladrillos se venden por miles de dólares, y se apilan y almacenan a una altura de no más de 2,00 m. Hay ladrillos de arcilla calcárea y sílice.

La unidad de albañilería podría ser maciza, hueca o tubular, puede considerarse maciza, el sector sin huecos debería ser más grande al 75% del área geométrica total la resistencia mínima de la unidad a la presión de compresión debería ser por lo menos 50 kg f / cm 2. No use ladrillos crudo agrietados. No se deben utilizar ladrillos blancos. (Aguirre, D. 2004)

La Norma E 070 señala que el ladrillo es una especie de unidad, su tamaño y peso hacen que solo se use una mano para operar. Un bloque de construcción es una unidad que requiere dos manos para manipularlo debido a su tamaño y peso.

#### Clasificación de unidad de albañilería

Por el porcentaje hueco (alvéolos o perforación).

##### Unidad sólida.

También llamada para unidades de albañilería maciza, en cualquier plano paralelo al área de asientos, el sector equivalente de la sección transversal es más del 70% del área total en el mismo plano. (Norma E.070).

##### Unidad hueca.

Son áreas netas (a la superficie del asiento), es menos del 75% del área total. Los bloques de concreto vibrantes (para estructuras de albañilería reforzada) y las unidades con muchas perforaciones entran en esta categoría.. (San Bartolomé, A. 2001).

Unidad tubular.

Unidad tubular se refiere a una unidad cuyas perforaciones paralelo a la superficie del asiento de la válvula. Los ladrillos de pandereta utilizados en la partición pertenecen a este tipo.

Componentes del ladrillo

Los ladrillos sinterizados están compuestos por tres componentes básicos: arcilla, agua y arena para su fabricación, siendo la arcilla el componente principal y le da una consistencia viable. La arena que evita que la arcilla se encoja y se hinche demasiado durante el proceso de cocción y el agua utilizada como disolvente

Arcilla.

La arcilla está compuesta de agregado de sílice de hidróxido de aluminio se produce mediante los minerales de aluminio. Dependiendo de las impurezas que contenga mostrará diferentes colores, y será blanco cuando esté puro.

Arena.

En la fabricación de separadores no se debe utilizar arcilla plástica, ya que los ladrillos sufrirán una gran contracción y deformación durante el proceso de cocción. La proporción de mezcla de arena y pasta no debe exceder una quinta parte del total; solo cuando la arcilla carece de plasticidad, se puede mezclar con arcilla plástica, de lo contrario no se puede mezclar con margas o calizas.

Agua.

El agua utilizada para hacer el mortero y la pared divisoria y la mezcla de construcción deben estar limpias y libres de elementos potencialmente dañinos. Asimismo, deben eliminarse el agua dura y la materia orgánica, la sal, especialmente el sulfato, la grasa y el cloruro. Por lo general, agua potable que cumpla con las siguientes condiciones con las regulaciones.ASTM C-59.

Tabla 1  
Tipos de Ladrillo

NOMBRE	MEDIDA	PESO UNITARIO
<i>Super King Kong</i>	9cm x 14cm x 24 cm	3.5 kg
<i>King Kong 13</i>	9cm x 13cm x 24 cm	3.3 kg
<i>King Kong estándar</i>	9cm x 13cm x 24 cm	3.0 kg
	9cm x 11cm x 24 cm	3.0 kg
	9cm x 12cm x 24 cm	3.0 kg
<i>King Kong 10 cara vista estándar</i>	9cm x 10m x 23cm	2.6 kg
<i>Blocker 12</i>	12cm x 20m x 30cm	5.6 kg
<i>Blocker 10</i>	10cm x 20m x 30cm	4.5 kg
<i>Blocker 15</i>	15cm x 20m x 30cm	6.5 kg

Fuente: Norma E 070

Ladrillo King Kong 18 huecos.

Este tipo de ladrillo tiene las características de resistencia a la flexión, porque tiene la capacidad de resistir movimientos de energía fuerte (como el movimiento causado por un terremoto).

Según el estándar NTP 399.613-331.040-331.041, este ladrillo corresponde a: especie de excelente resistencia y durabilidad. Adecuado para edificios de albañilería en las siguientes condiciones trabajo severas.

Otras especificaciones. Proceso de fabricación altamente controlado, riguroso control de calidad en todos los procesos, peso preciso y secado artificial automatizado.

El proceso de construcción del muro de albañilería.

Aguirre, D. (2004) defendió que para construir muros hay que preparar ladrillos y argamasa antes de iniciar el proceso de construcción. En la parte superior del voladizo, coloque la primera capa de ladrillos llamada capa de cojín en el lecho de mortero y comience a apilar ladrillos para la pared.



### Preparación de ladrillos

Los ladrillos deben humedecerse antes de la colocación para evitar absorber la humedad de la mezcla de mortero y obtener buena adherencia entre morteros y los ladrillos.

### Preparación de mortero

El mortero está hecho de una cierta proporción de mezcla de arena y cemento de 5: 1 o 4: 1. La arena y el cemento deben mezclarse y secarse retire la mezcla del recipiente, luego póngala en una carretilla, agregue agua para formar la mezcla viable.

### Mortero

El mortero estará compuesto por una mezcla de aglomerante y árido fino, agregue la cantidad máxima de agua para proporcionar la mezcla de aglutinante utilizable sin que los agregados se segreguen. Para la preparación de mortero de albañilería se considerará la normativa de NTP 399.607 y 399.610.

La función principal del mortero es pegar o unir grupos de albañilería. Su función más importante es la de adhesivo. Cuanto mayor sea el agarre, mayor será la resistencia a la tracción de la pared de mampostería.

### Componentes del Mortero

El material de unión según NTP 339.002, el mortero puede ser cemento Portland Tipo I y Tipo II, NTP 334.009 agrega cemento IP, cemento Portland NTP 334.830 o una mezcla de cemento agregado y cal hidratada estándar.

El agregado fino debe ser arena gruesa natural, libre de materia orgánica sal, y tendrá las siguientes características:

Tabla 2

*Granulometría de la Arena Gruesa*

<b>MALLA ASTM</b>	<b>% QUE PASA</b>
Nº 4 (4.75 mm)	100
Nº 8 (2.36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1.18 mm)	70 a 100
Nº 30 (0.60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0.30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0.15 mm)	2 a 15
Nº200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: Norma E 070

La norma E.070 estipula que no se debe guardar agua potable y no tiene sustancias perjudiciales, ácidos, álcalis. El contenido de arena entre 2 rejillas consecutivas supera el 50%, y el módulo de finura va a estar entre 12,6 y 2,5; el porcentaje más alto de partículas quebradizas es: 1% (peso), sin arena de mar ni orgánicos.

### Cemento

Se pueden utilizar materiales complementarios como cenizas volantes, cemento de escoria y humo de sílice. Estos materiales deben cumplir con los requisitos de ASTM C618, C989 y C1240 (ACI). Utilice cemento Portland que cumpla con los requisitos de ASTM C150, C595 o C1157 como reactivo principal. (522R-10, 2010), respectivamente.

Básicamente, use cemento Portland Tipo I estándar y aditivos de puzolana. El peso volumétrico del cemento es de 1500 kg / metro cúbico, se vende en sacos de 1 pie cúbico (0,0283 metro cúbico) y pesa 42,5 kg. Extraordinariamente se usa cemento Portland Tipo II (resistente a los sulfatos). En Perú se hicieron 2 intentos para mezclar cemento de mampostería (cemento Portland, una mezcla

de puzolana y escoria, una mezcla de cal y roca caliza, talco, arcilla, conchas, etc.), sin embargo sin triunfo. Para este cemento, la resistencia a la compresión de las mezclas convencionales 1: 4 es 10 veces menor que la obtenida con el cemento Portland Tipo I. (San Bartolomé, A. 2001).

Tabla 3  
*Propiedades Físicas y Químicas del cemento Sol tipo I*

PARÁMETRO	CEMENTO SOL TIPO I	REQUISITOS 334.009/ASTM C-150
<i>Contenido de aire</i>	6.62%	Máximo 12
<i>Expansión autoclave</i>	0.08%	Máximo 0.80
<i>Superficie específica</i>	3361 cm <sup>2</sup> /g	Máximo 2600
<i>Densidad</i>	3.12 g/ml	No Especifica
<i>Resist. a la compresión a 3 días</i>	296 kg/cm <sup>2</sup>	Mínimo 122
<i>Resist. a la compresión a 7 días</i>	357 kg/cm <sup>2</sup>	Mínimo 194
<i>Resist a la compresión a 28 días</i>	427 kg/cm <sup>2</sup>	No especifica
<i>Fraguado Vicat inicial</i>	127 min	Mínimo 45
<i>Fraguado Vicat Final</i>	305 min	Máximo 375
<i>MgO</i>	2.93%	Máximo 6.0
<i>SO<sub>3</sub></i>	3.08%	Máximo 3.5
<i>C<sub>2</sub>S</i>	13.15%	No especifica
<i>C<sub>3</sub>S</i>	53.60%	No especifica
<i>C<sub>2</sub>A</i>	9.66%	No especifica
<i>C<sub>4</sub>AF</i>	9.34%	No especifica

Fuente: UNACEM

### Agregado

El agregado utilizado para el mortero de albañilería debe estar compuesto por arena natural o arena artificial. La arena artificial es un producto que se obtiene moliendo piedras, grava o escoria de elevado horno enfriada por aire con un procedimiento particular para garantizar que las partículas tengan la forma y el nivel adecuados. (NTP 399.607).

Guía Práctica De Cemento (2008), señala que si es arena natural, artificial o ambas.

La arena debe cumplir con los requisitos de la ASTM C-144 y los principales parámetros son:

Módulo de finura: 2.3 a 2.80

Partículas friables: 1%

Gravedad específica: 2

Partículas ligeras: 0.5%

Sin materia orgánica

Propiedades de agregados:

Granulometría. Es una representación numérica de la distribución del volumen de partículas por tamaño. Otro concepto importante es el de "tamaño máximo". Los valores encontrados se muestran gráficamente en un sistema de coordenadas semilogarítmico, lo que nos permite estimar la distribución acumulada que generalmente se refiere al tamiz más pequeño por el que pasan todos los áridos tamizados. El tamaño máximo nominal operativamente definido como el tamaño más grande correspondiente al tamiz más pequeño que produce el primer retenido. (Horna, M. 2015)

La NTP 399.607 señala que dependiendo de si se usa arena natural o arena artificial, el agregado usado para mortero de albañilería debe clasificarse dentro de los siguientes límites.

Peso Unitario.

El peso unitario del agregado es el peso para alcanzar una cierta unidad de volumen, expresado en kg / m<sup>3</sup>. Este peso, también depende de factores externos, como el grado de compactación aplicado el tamaño máximo del agregado depende de ciertas condiciones inherentes del agregado, como su forma, tamaño de partícula y contenido de humedad (relativo al volumen del contenedor), el método de refuerzo, etc.

Peso específico.

La gravedad específica debe tener este valor para poder realizar la dosificación mixta. También se debe verificar que el agregado corresponde al peso normal del material, la relación entre el peso del material y su volumen y la diferencia entre el material. El peso unitario es el volumen ocupado por los vacíos del material.

Contenido de humedad.

Este atributo es importante porque es la cantidad de agua contenido en agregado fino la cantidad de agua en el concreto cambia según su valor (porcentaje).

Además se explica como la diferencia entre el peso del material natural y el peso del horno seco (24 horas) dividido por el peso del material natural y multiplicado por 100.

Absorción.

Ésta es la capacidad del añadido fino para absorber el agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, este atributo además perjudica la proporción de agua en la interacción agua / cemento del concreto.

Además se explica como la diferencia entre el peso de un material seco diminuto y el peso de un horno (24 horas) dividido por el peso de un material seco y multiplicado por 100.

Módulo de finura.

La regla establece que la finura de la arena no debería ser inferior a 2,35 ni mayor a 3,15. Este es un índice aproximado que representa la magnitud promedio de las partículas en la muestra de arena y se utiliza para el control de la uniformidad del añadido.

El método de cálculo es dividir el porcentaje total recopilado en una cuadrícula de 4, 8, 16, 30, 50 y 100 por 100.

Al estimar el módulo terminado, se cree que el concreto producido por la arena entre los módulos 2. 2 y 2. 8, tienen buenas propiedades de procesamiento y reducen el espaciado, y la arena entre 2. 8 y 3.2 es más adecuada para concreto de alta resistencia. (Pasquel, E.1998).

Impurezas orgánicas. El agregado no debe contener cantidades nocivas de impurezas orgánicas. No se aceptarán agregados que se prueben para detectar impurezas orgánicas y que tengan un color más oscuro de lo normal. Se pueden utilizar áridos que no cumplan con los requisitos de la prueba, pero la premisa es que la coloración se debe principalmente a la presencia de una pequeña cantidad de carbón, lignito o partículas similares. Se pueden utilizar áridos que no cumplan con los requisitos del ensayo, pero la condición es que cuando se ensaye la influencia de las impurezas orgánicas en la resistencia del mortero, independientemente del relativo, no son inferiores al 95% después de 7 días de cálculo. (NTP 399.607).

Agua.

El agua es el exclusivo elemento que establece la consistencia o fluidez del mortero. Los hechos han demostrado que para obtener la máxima cohesión se debería buscar la máxima consistencia compatible con el mortero de tratamiento de baldosas. Siempre que comience el fraguado inicial del cemento, se debe agregar agua para restaurar la consistencia del mortero perdido por secado. Se puede establecer un inicio de una hora y media en un clima cálido, y un inicio de dos horas en un clima frío. Se recomienda utilizar agua sanitaria. (San Bartolomé, A. 2001).

### Propiedades del Mortero

El desempeño, el mortero debe distinguirse entre dos niveles o estados de mortero. a saber, el estado fresco y estado endurecido para definir su desempeño.

### Característica en estado plástico

Arriola, J. (2009) señala cuando los morteros están en funcionamiento, tienen ciertas características que determinan su comportamiento y afectan su reacción en el estado endurecido.

### Trabajabilidad.

El mortero trabajable debe extenderse de manera práctica. Para comprobar la extensión del mortero, las dos unidades deben pegarse y separarse al cabo de un minuto. Cabe destacar que el mortero cubre toda la superficie de la unidad superior, es decir, toda la superficie (vertical y horizontalmente), de toda la unidad a colocar y procesar.

Por lo tanto, la unidad debe tener suficiente succión durante el curado para que su superficie esté relativamente seca (para absorber el mortero de cemento) y saturar su núcleo, de modo que la unidad pueda curarse en mortero (para evitar que se agriete durante el secado).

En unidades que deban secarse (bloques de concreto de sílice y calcio) es recomendable añadir medio volumen de cal de hidratación y cal estándar para mejorar la retención del mortero. (San Bartolomé, A. 2001)

### Consistencia (fluidez).

Para establecer la fluidez en el campo, se puede utilizar la prueba de asentamiento del cono de Abrams y se sugiere que 49 pulgadas sean 6 pulgadas. En el laboratorio, la prueba se hace en un agitador, que se define como la función de la mezcla para fluir o laborar con bandilejo. (San Bartolomé, A. 2001).

Retentividad.

Definida como la capacidad de una mezcla para mantener su consistencia o seguir utilizándose después de un período de tiempo. La capacidad del mortero para permanecer en condiciones de trabajo incluso después del contacto con la primera unidad demuestra este rendimiento, que permite que la unidad superior se asiente cómodamente, homogeneizando así la adherencia. (San Bartolomé, A. 2001).

Velocidad de curado.

El tiempo de fraguado inicial y final del cemento en la mezcla debe ser dentro de un rango apropiado. Sin embargo, depende de varios factores, como las condiciones climáticas y las condiciones de mezcla o el proceso, ahora pueden controlarse fácilmente mediante el uso de aditivos. (Arriola, J. 2009).

Masa unitaria.

Generalmente, la proporción o tamaño de un material sugiere su fuerza. Si el mortero es lo suficientemente alto, puede ser bastante profundo. Por otro lado, esto sucede tan pronto como aumentan los costos del mortero. El concepto de densidad interactúa con la relación entre el peso de una determinada cantidad de mortero y el valor volumétrico contenido en esa masa. Este es un parámetro fundamental para mantener el contenido de aire almacenado en el mortero. (Arriola, J. 2009).

Propiedades en estado endurecido

Retracción.

Esto se debe principalmente a la hidratación química de la pasta, especialmente en la pasta con alto contenido de cemento y agua, el agregado resuelve parcialmente este problema, en el caso de textura rugosa, ya que se forma para evitar el volumen y esqueleto con cambios de volumen y riesgo de ruptura. En regiones cálidas y húmedas, el agua del tanque se evapora y crea tensiones



internas en el mortero, que se pueden explicar por la formación de grietas visibles. Lo mismo puede suceder cuando el suelo es muy plano. La tasa de deficiencia se expresa como el espesor de la línea de mortero y el contenido de cemento. Con cemento (cenizas o aditivos) tendrás menos secado para evitar agrietamientos. (Arriola, J. 2009).

Adherencia.

Si el material inerte es poroso capilar y tiene una superficie rugosa, además de ser atraído físicamente, se requiere una conexión mecánica. Esta adherencia proporciona una adherencia considerable -la adherencia entre la lechada sobre superficie porosa y rugosa supera los 10Kg / cm<sup>2</sup>-, y proporciona casi toda la adherencia entre ellos. Este es el caso de los morteros y unidades, cuya combinación es de naturaleza completamente mecánica. (Medina, E. & Huarca, J. 2017).

Constituye un atributo básico, porque determina la combinación entre las partes conectadas, afectando así la resistencia de toda la fábrica. Asimismo, una baja adherencia puede provocar la caída de los fragmentos de revestimiento internos o externos fijados por el mortero. En el caso de revocos, la caída del mortero hará que se proteja la fachada.

Hay dos tipos de unión: unión química de base física en el anclaje mecánico (unión) entre piezas pequeñas.

La unión (adherencia) física mecánica se basa en el entrelazamiento de sólidos. El mortero se aplica sobre la superficie del soporte en estado plástico. Esto debe proporcionar suficientes posibilidades de anclaje -porosidad para permitir que el cemento disperso y disuelto del mortero penetre en los poros del soporte posteriormente, a medida que se forman las agujas de cemento hidratado y se completa el proceso de solidificación, se crearán nuevos puntos de anclaje entre el mortero y el mortero conectado. (Revista Construmatica)

San Bartolomé, A. (2001) señaló que la función principal del mortero en albañilería es la adherencia al mueble, corregir sus irregularidades y cubrir el conector para evitar el aire y la humedad.

#### Resistencia a la Compresión.

Después de la aplicación de campo, el mortero debe desempeñarse como agente antiaglomerante. Cuando el mortero debe soportar cargas elevadas y continuas, necesita una alta resistencia a la compresión. Estos son indicios de resistencia al esfuerzo cortante y al esfuerzo de tracción. Existen dos reglas básicas adecuadas para la resistencia de morteros compuestos por un mismo cemento de diferentes proporciones y tamaños agregados. El primero dice: el porcentaje de cemento en un cierto volumen de mortero; el segundo es: "en el mortero "Cuando el, porcentaje de cemento es el mismo, el más duradero y generalmente impermeable es el más denso es decir, el que tiene mayor porcentaje de materiales sólidos por unidad de volumen."

#### Durabilidad.

La sostenibilidad del mortero es su resistencia a factores externos, como: baja temperatura, permeabilidad al agua, abrasión, retracción por secado, formación de ampollas, corrosión o choque térmico, etc., y no cambiará sus condiciones físicas y químicas con el tiempo. Generalmente, se considera que el mortero de alta presión tiene buena durabilidad, pero clima húmedo, condiciones del mar y en general ambientales agresivas, el uso de agentes incorporadores de aire es particularmente importante.

#### Permeabilidad.

La permeabilidad es una característica que permite la filtración de aire o agua. Un mortero uniforme y utilizable, cuando no se puede usar el albañil debe golpear la mampostería para mantenerla en su lugar, haciendo que la albañilería sea más resistente a la penetración del agua. El resultado es que las juntas de mortero no son muy buenas y aparecerán grietas, requiere un poco de filtrado.

### Eflorescencia

Ya que todos los materiales de albañilería tienen dentro sales solubles en agua, la eflorescencia es causada por el desplazamiento del agua a partir del interior hacia afuera del muro y la cristalización de sales solubles cristalizarán cuando entren en contacto con el agua, la cal reducirá la permeabilidad del mortero, evitando así el viento.

### Apariencia.

Un aspecto importante del mortero tiene apariencia, especialmente en ladrillos expuestos. En este caso, la selección y composición correctas de las mezclas los componentes, son fundamentales para su colocación y terminación la superficie los colorantes inorgánicos o los aditivos especiales pueden mejorar el color y la textura.. (Arriola, J. 2009).

### Clasificación para fines estructurales y sus proporciones:

El propósito de determinar la proporción de mortero es obtener un material pastoso, pegajoso y retenedor que se pueda utilizar con ladrillos y que proporcione una adherencia firme, completa y duradera con la unidad de mampostería.

La proporción de cal debe alcanzar al menos una fuerza de sujeción superior a 0,75. Siempre que el cemento y la cal llenen completamente los huecos, la proporción de arena debe ser lo más grande posible. Para alcanzar una concentración del 100% al 150%, es necesaria una cierta cantidad de agua. (Gallegos, H. & Casabonne, C. 2005).

El mortero se clasifica en: tipo P, utilizado para la construcción de muros de carga; y NP, utilizado para muros no portantes. La composición del mortero tendrá una relación volumétrica (en estado suelto).

También se pueden utilizar otras composiciones de mortero con cemento de albañilería o industrial (premezclado), siempre que las pruebas de pilotes y muros proporcionen una resistencia igual o superior a la especificada en el plano.

Si no hay cal hidratada estándar prescrita, se puede usar un mortero sin cal y se debe observar la proporción de arena de cemento especificada. (Norma E 0.70 Albañilería, 2006)

### Relave Minero

Son residuos producidos durante la recuperación selectiva de determinados minerales. Los relaves están compuestos de materiales sólidos muy pequeños incluso más pequeños que la arena y el agua, formando una mezcla similar al barro.

### Manejo de relaves

Descargados en ríos y arroyos debido a los requisitos de contaminación en el pasado, las presas de relaves y la administración de relaves se llevan a cabo sobre la base de maximizar la producción económica se construyó primero en el tipo río arriba y luego se desarrolló gradualmente hasta convertirse en una garantía mejor tecnología de procesamiento.

En la actualidad, para cumplir con los requisitos legales del límite máximo de emisión permisible, la gestión de relaves puede ser un problema ambiental que enfrenta toda la industria minera, especialmente la industria polimetálica el manejo de relaves, se deben distinguir dos etapas: durante la operación y durante el cierre-después del cierre.

En la fase de operación, generalmente se almacena en una presa, se cubre con agua y luego se recicla a la fábrica. En la fase de cierre se pueden realizar

diferentes tratamientos, desde un punto de vista medioambiental, esta es la etapa más crítica en términos de costes.

## Métodos de manejo

### Etapa de operación

La ubicación del depósito los relaves son un factor importante en la ubicación de la fábrica. Debe estar cerca de la fábrica para el reciclaje de agua y para minimizar o evitar la descarga de aguas residuales fuera del área de almacenamiento. Las prioridades deben seleccionarse en base a lo siguiente:

No ocupe cursos de agua, arroyos, o ríos permanentes.

No deben ubicarse en cuencas propensas a inundaciones, deslizamientos de tierra o tormentas.

Colocar en el suelo con la menor permeabilidad y alta estabilidad.

No ocupes las zonas altas de las ciudades o los campos de refugiados.

No puede ubicarse a orillas de lagos o vida marina.

El espacio requerido para la deposición de relaves varía ampliamente, dependiendo de la cantidad total de mineral procesado y la topografía del área seleccionada y la altura de apilamiento requerida durante la operación. Los factores que limitan el almacenamiento de relaves son:

La topografía y características del terreno.

Protección del medio ambiente.

La vida esperada de la mina.

El tiempo.

### Composición:

Productos químicos de alta concentración (arsénico, cadmio, copernicio, mercurio, selenio) Se transportan y almacenan en tanques o fosas de relaves.

Características de los relaves:

La fuente y producción de relaves en la planta de beneficio.

Propiedades físicas y estructurales.

Características sedimentarias.

Propiedades químicas.

Características fisiológicas.

Límites máximos permisibles

Tabla 4

*Valores permisibles de emisión para unidades mineros metalúrgicos.*

PARÁMETRO	Cobre (mg/l)
Valor en cualquier momento	1.0
Valor Promedio	0.3
Ph	Zinc (mg/l)
Mayor que 6, menor que 9	3.0
Mayor que 6, menor que 9	1.0
Sólidos suspendidos	Hierro (mg/l)
50.0	2.0
25.0	1.0
Plomo (mg/l)	
0.4	
0.2	

Fuente. INGEMMET (2018)

Consecuencias de los relaves mineros:

Desertificación.

Peligro geotérmico.

Pérdida de propiedades físicas.

Pérdida de propiedades químicas.

Cambios en la dinámica de los ríos.

Perdida de agua.

Actualmente Ancash es la primera región productora de zinc, de enero a marzo de 2018 produjo 119.720 TMF, lo que representa el 34,60% del total nacional, un aumento del 20,98% respecto al mismo período del año pasado.

También es la segunda área de producción de cobre, produciendo 113,727 toneladas de FMT en el primer trimestre de este año, un aumento de 20.07% en comparación con el mismo período de 2017. Supuso el 20,04% del total, nacional, casi idéntico al que representa Arequipa, que viene primero en particular, el zinc y el cobre son metales cuyos precios internacionales se han disparado.

Esta región también ocupa una posición importante en la producción de plata y molibdeno y plomo, mientras que la producción de oro es relativamente pequeña. En la actualidad. Ancash representa el 3.7% del portafolio de inversión de proyectos de construcción, de los cuales cinco proyectos tienen una inversión total de USD, 216.700.

A su vez, esta región representa el 7% de la inversión total en proyectos de exploración, son cinco proyectos en total, con una inversión comprometida de US \$ 20,3 millones.

Ensayos para determinar la Resistencia Mecánica para albañilería estructural:

Normatividad

El proceso siguió el procedimiento de:

RNE E-070 ALBAÑILERÍA, Capítulo 5: Resistencia de prismas de albañilería. NTP 399.605 (referencia 5), UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de prueba para determinar la resistencia a la compresión de prismas de albañilería.

## Ensayo De Compresión Axial.

Resistencia a la compresión  $f'_m$ . Las muestras utilizadas para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) están estandarizadas en todo el mundo y consisten en prismas que colocan una unidad encima de otra. También se deben controlar las juntas de concreto la norma permite que las juntas sean de 1,5 cm de media.

## Resistencia a la compresión de pilas de albañilería:

Para predecir el comportamiento del muro de albañilería, se construyó un prisma de albañilería. El propósito de los prismas es representar muros reales de la forma más realista posible, por lo que deben estar en las mismas condiciones y tener las mismas variables para determinar sus características (humedad, tipo de ladrillo, cantidad de mortero, espesor de juntas, etc.) Asiento, mano de obra, etc.), considerando que el prisma debe ser fácil de operar, por lo que el tamaño es mínimo.

Cuando la muestra se somete a la prueba de compresión axial, presenta un comportamiento especial, que provocará daños en el prisma, lo que dependerá de la adherencia del mortero de ladrillo o de la interacción entre ambos. El ladrillo y el mortero son materiales diferentes, por lo que presentan diferentes deformaciones laterales cuando se someten a fuerzas de compresión.

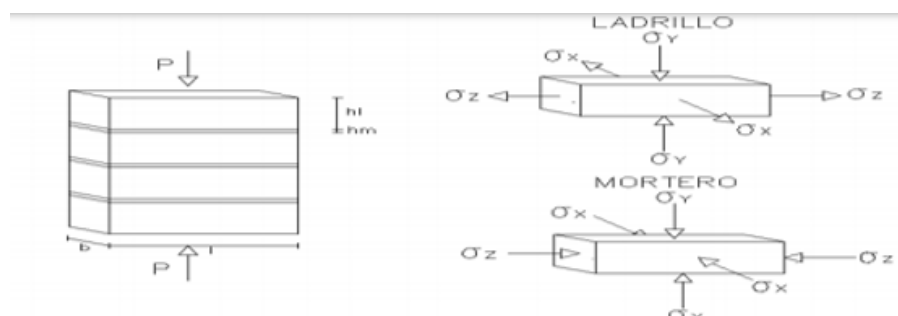


Figura 1. Deformación lateral de especímenes sometidas a ensayos de compresión.

Fuente: Norma E.070.



Generalmente, en pilas de albañilería bajo presión axial, los ladrillos tienen menos deformación que el mortero que mantiene unido el mortero.

La Norma E.070 (2006), insiste en que en cuanto a la resistencia de los prismas de albañilería, se debe considerar la resistencia de la albañilería a la compresión axial ( $f'm$ ) y al corte directo o adherencia ( $v'm$ ). Se determinarán empíricamente en tablas o registros históricos de resistencia unitaria, o mediante pruebas de prisma, esto dependerá del tamaño del edificio y de la zona sísmica donde se realiza la construcción.

Tabla 5  
Metodología para determinación de  $f'm$  y  $v'm$

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
( $f'm$ )	A	A	A	B	B	A	B	B	B
( $v'm$ )	A	A	A	B	A	A	B	B	A

Fuente: Norma E.070.

Donde:

A: Conocimiento empírico de la calidad del ladrillo y el mortero obtenido.

B: Determinado a partir de los ensayos de compresión axial de pilares y compresión diagonal de muros mediante ensayos de laboratorio según lo dispuesto en NTP 399605 y 399.621

Para la construcción del edificio, se realizarán pruebas de laboratorio para probar la resistencia de la albañilería  $f'm$  y  $v'm$  antes y durante la construcción. Las pruebas previstas en el trabajo se realizarán en cinco o más muestras.

El prisma se fabricará en obra con el mismo contenido de humedad que la unidad de albañilería, excepto por la misma consistencia del mortero, el espesor de las juntas y la misma calidad de mano de obra que se utilizará en la construcción final.

En el caso de mampostería con unidades rellenas de concreto líquido, las celdas de las unidades de los prismas y muros deben rellenarse con concreto líquido. En albañilería con unidades alveolares sin relleno, los alvéolos de las unidades de los prismas y paredes están vacíos.

El prisma tendrá una superficie de mortero de cemento cuyo espesor permita corregir las irregularidades superficiales de la albañilería.

El prisma se almacenará a una temperatura no inferior a 10 ° C durante al menos 14 días. Es posible probar el prisma a una edad inferior a los 28 días nominales, pero nunca probar a una edad inferior a los 14 días; en este caso, las características se pueden obtener aumentando el valor de resistencia por el coeficiente que se muestra en la siguiente tabla. resistencia:

Tabla 6  
*Incremento de  $f'm$  y  $v'm$  por Edad.*

EDAD		14 DIAS	21 DIAS
Muretes	Ladrillos de arcilla	1.15	1.05
	Bloques de concreto	1.25	1.05
Pilas	Ladrillos de arcilla y	1.10	1.00
	Bloques de concreto		

*Fuente:* Norma E.070

La prueba de compresión de pilar de albañilería se utiliza para determinar la resistencia a la compresión axial ( $f'm$ ) en relación con el área total de la sección transversal.

Finalmente, si se detecta y registra la deformación axial en el pilar, se puede determinar el módulo de elasticidad ( $E_m$ ) de la albañilería. Si no realiza una prueba de prisma, puede utilizar los valores que se muestran en la Tabla 7, que

corresponden a pilares y muros construidos con mortero 1: 4 (cuando el equipo es de arcilla)

Tabla 7  
Resistencia Característica de la albañilería Mpa (kg/cm<sup>2</sup>)

MATERIA	DENOMINACIÓN	UNIDAD	PILAS	MURETES
PRIMA		f' b	f' m	v' m
Arcilla	King Kong Artesanal	5.4 (55)	3.4(35)	0.5(5.1)
	King Kong Industrial	14.2 (145)	6.4(65)	0.8(8.1)
	Rejilla Industrial	21.1(215)	8.3(85)	0.9(9.2)
	King Kong Normal	15.7 (160)	10.8(110)	1.0(9.7)
Silice -cal	Dédalo	4.2(145)	9.3(95)	1.0(9.7)
	Estándar y mecano	14.2(145)	10.8(110)	0.9(9.2)
Concreto		4.9(50)	7.3(74)	0.8(8.6)
		6.4(65)	8.3(85)	0.9(9.2)
	Bloque Tipo P	7.4(75)	9.3(95)	1.0(9.7)
		8.3(85)	11.8(120)	1.1(10.9)

Fuente: Norma E.070

La Esbeltez

La longitud esbelta se define como la relación entre la altura del prisma y su espesor (la dimensión más pequeña de la sección transversal). El valor más representativo del comportamiento de la albañilería está entre 4 y 5. La norma E.070 utiliza un valor de 5 como longitud esbelta estándar para que la placa de presión del equipo de prueba no afecte el área central de la albañilería expansión lateral. (Arriola, J. 2009)

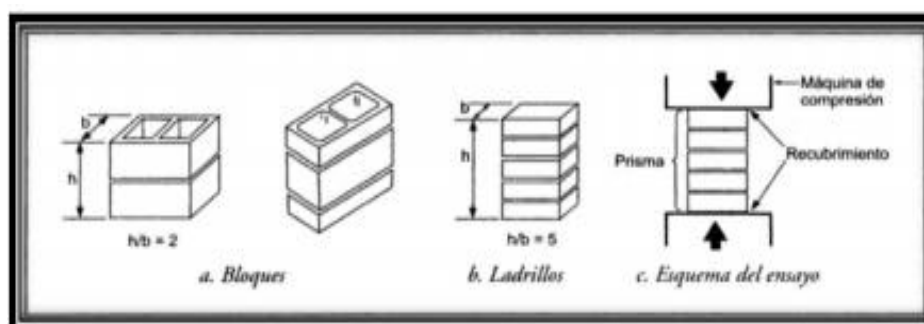


Figura 2. Esbeltez en primas de ladrillos y bloques

Fuente. Arriola (2009)

Tabla 8

*Factores de Corrección de  $f_m$  por esbeltez*

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

*Fuente: Norma E. 070*

Norma técnica de construcción E.070 Albañilería.

La norma de Perú NTP E.070 estipula que la altura del pilote de albañilería no debe ser menor de 3 pasos o la altura no debe exceder los 40 cm (lo que sea mayor), y la relación entre la altura y el espesor (esbelta) no debe ser menor de 2 o más de 5, preferiblemente use una longitud delgada igual a 5. Para corregir el valor de  $f_m$ , debe multiplicarse por un factor que depende de la longitud delgada del prisma.

Norma Técnica de Perú 339.613: El método de prueba para determinar la resistencia a la compresión de prismas de albañilería en 2003.

Esta norma de Perú utiliza el mismo factor de corrección de esbeltez  $f$  que la norma ASTM C1314 esbelta, la misma longitud esbelta nominal, el mismo número de prismas a probar y el mismo rango de longitud esbelta (se verá más adelante).

Ensayos de adherencia mediante compresión diagonal de muros de albañilería.

La prueba de compresión diagonal se realiza de acuerdo con el procedimiento prescrito por la norma técnica peruana NTP 399.621 (INDECOPI 2004), que es similar a ASTM E 519-00. La carga  $P$  se aplica de manera monótona creciente a una velocidad de  $f$  1 ton / min hasta que se alcanza el daño del muro bajo.

La resistencia al corte de la albañilería se puede determinar mediante pruebas de compresión diagonal utilizando materiales y técnicas utilizadas en el campo.

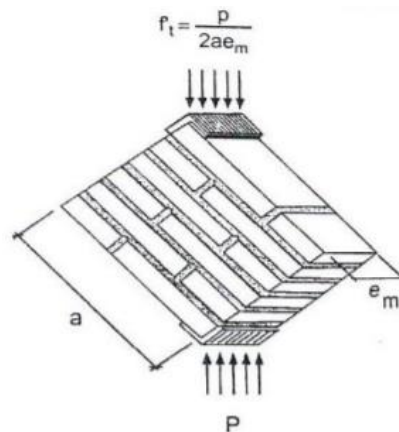


Figura 3. Fuerza cortante en Albañilería

Fuente. Arriola (2009)

Deben analizarse al menos tres (3) muestras. La tensión admisible ( $V_m$ ) al cortar el muro se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$V_m = 0.25f'_t$$

Donde:

$f'_t$  = esfuerzo último del murete de ensayo.

Este valor es superado por 2 de los 3 muros bajos ensayados.

Alternativamente, si no se realizan pruebas de pared, se puede usar el siguiente esfuerzo cortante permisible:

$$V_m = 0.25 \text{ kg/cm}^2$$

El tamaño de la muestra se ha seleccionado como el tamaño más pequeño, que puede representar razonablemente un muro de albañilería a gran escala y puede utilizar muchas máquinas de prueba utilizadas en los laboratorios.

La adherencia de la mampostería se determinará mediante corte directo (v'm), se probará empíricamente de acuerdo con la importancia del edificio y el sismo (utilizando tablas o registros históricos de resistencia de la unidad) o pasando Prueba de prisma. Como se muestra en la Tabla 5.

El prisma de albañilería debe representar las verdaderas condiciones del edificio a construir de la mejor manera posible. El tamaño del prisma es el más pequeño para que pueda manipularse durante el transporte al laboratorio y cuando se instala en el equipo de prueba. Para obtener resultados representativos, se recomienda que los pilares consistan en al menos 3 capas y los lados de la pared cuadrada sean de al menos 60 cm.

El grado óptimo de adherencia entre la unidad y el mortero se refleja en la prueba de compresión diagonal del muro. Por tanto, por ejemplo, cuando la adherencia sea óptima, el daño pasará por la unidad y el mortero, maximizando así la resistencia al cizallamiento; en cambio, cuando la adherencia del mortero unitario no se haya optimizado, la falla será escalonada. a través de las articulaciones. (Enciso, F.2012).

Dispersión:

La medida de dispersión intenta generar un valor mediante el cálculo de una fórmula que proporciona información sobre el grado de variabilidad de la variable, es decir, son números, indicando si la variable es mayor, menor o más o menos móvil que la otra.

Para el presente caso se empleará la desviación estándar en relación al esfuerzo a la compresión diagonal para la determinación de la dispersión de cada muestra, la misma que deberá resultar menor a 20% acorde a lo señalado en la NTP E.070.

Variable independiente:

Sustitución del cemento por relave minero.

Definición porcentual: Sustitución de un porcentaje de cemento por relaves industriales de fuentes mineras se utilizan para reemplazar un cierto porcentaje de cemento de un mortero para albañilería estructural.

Definición Operacional: Es el % de reemplazo de cemento por relave minero.

Variabes dependientes:

Compresión Axial

Definición Porcentual: Es la resistencia máxima por compresión simple que puede soportar la albañilería estructural confinada con mortero bajo carga de servicio.

Definición operativa: Es el esfuerzo máximo que una pila de un compuesto estructural de albañilería de ladrillo y mortero de cemento bajo una carga de servicio. Compresión simple (Kg/cm<sup>2</sup>).

Adherencia

Definición Porcentual: Es la resistencia máxima por compresión diagonal o corte directo que puede soportar la albañilería estructural confinada con mortero bajo carga de servicio.

Definición operativa: este es el mejor esfuerzo que puede sostener un murete de un compuesto estructural de albañilería de ladrillo y mortero de cemento bajo una carga de servicio. Corte directo (Kg/cm<sup>2</sup>).

En la presente investigación, la hipótesis se formula de la siguiente manera: “El 10% y el 15% del cemento se reemplazan por relaves de minas. Planta de Tratamiento de Minera Huinac, generarán un compuesto estructural de albañilería de ladrillo y mortero con resistencias mecánicas técnicamente aceptables”.

El objetivo general del presente estudio es: Determinar la resistencia mecánica de un compuesto estructural de albañilería de ladrillo y mortero cuando se sustituye el cemento en 10% y 15% por relave minero proveniente de la Planta de Tratamiento de Minera Huinac;

Y como objetivos específicos:

Determinar las propiedades físicas de la arena gruesa.

Determinar la fluidez de la mezcla del mortero para la albañilería estructural.

Determinar la composición química del relave industrial de origen minero proveniente de la Planta de Tratamiento de Minera Huinac mediante el Método de Fluorescencia de Rayos X.

Determinar el peso específico y pH del relave industrial de origen minero y las mezclas.

Determinar y comparar la resistencia a la compresión axial de pilas de un compuesto estructural conformada por ladrillo industrial k-k 18 huecos y mortero con sustitución del cemento en 10% y 15% por relave minero, a la edad de 28 días.

Determinar y comparar la adherencia mediante compresión diagonal (corte directo) de un murete de un compuesto estructural conformada por ladrillo industrial k-k 18 huecos y mortero con sustitución del cemento en 10% y 15% por relave minero, a la edad de 28 días.












## II. METODOLOGÍA

La naturaleza de la presente investigación se aplica en función del procedimiento porque está diseñado para lograr nuevos conocimientos destinados a brindar soluciones de resistencia mecánica en compuestos estructurales de albañilería, reemplazando dentro del mortero, 10% y 15% de cemento, utilizado para relaves mineros.

De acuerdo con el propósito de la ciencia, esto se puede explicar, porque los datos de la investigación se obtendrán observando el fenómeno adaptado al investigador. Usa experimentos.

Tabla 9










*Diseño para la resistencia a la compresión axial*

Diseño para la resistencia a la compresión axial			
Periodo de Aplicación (Días)	PATRÓN	con 10 % de sustitución	con 15 % de sustitución
<b>28</b>	P2 	E1 	E1* 
	P2 	E2 	E2* 
	P3 	E3 	E3* 

*Fuente:* Elaboración Propia

Tabla 10

*Diseño para la resistencia a la compresión diagonal*

Diseño para la resistencia a la compresión diagonal			
Periodo de Aplicación (Días)	PATRÓN	con 10 % de sustitución por relave	con 15 % de sustitución por relave
<b>28</b>	P2 	E1 	E1* 
	P2 	E2 	E2* 
	P3 	E3 	E3* 

*Fuente:* Elaboración Propia

La población está conformada por Plantas de tratamiento de minerales productoras de concentrados y relaves emplazadas en la zona sierra del departamento de Ancash, consideradas como fuentes de relave aplicables en morteros para la albañilería estructural ; Para apoyar nuestra hipótesis y muestra fue la Planta de Tratamiento de minerales Huinac, seleccionada no probabilísticamente o de manera selectiva, para la obtención de relave como insumo en la preparación de mortero para la albañilería estructural.

Constituida por 18 prototipos, 9 de ellos no tienen sustitutos del cemento y 9 si tienen sustitutos del cemento 10% por relave minero y 15 % con sustitución por relave minero.

La siguiente tabla muestra las técnicas y métodos de investigación:

Tabla 11

*Técnicas de recolección de información*

Técnicas de Recolección de Información	Instrumento
La Observación	Ficha de observación del Laboratorio de Mecánica de suelos y ensayo de materiales

*Fuente:* Elaboración propia

La razón por la que se adopta la tecnología de observación es que la percepción del material se ha registrado de forma cuidadosa y responsable. Todo lo observado ha sido debidamente registrado. Con este fin, se utilizó una guía de observación resumida porque puede especificar el sistema utilizado para organizar y clasificar la información de la prueba y la resistencia a la compresión. (axial y diagonal).

Para este proyecto de investigación, el procesamiento de datos se realizará después de cada prueba con el apoyo de la hoja de cálculo de Excel.

## Procedimiento de investigación

### Ubicación de las canteras para el agregado fino

Nombre de la cantera	: FIRCH
Ubicación de la cantera	: Pariahuanca- Jangas
Accesibilidad	: Por la carretera de Taricá con desvío a la izquierda, al pie de las riberas del Rio Santa.

### Ubicación de la relavera de la Planta de Tratamiento de Minera Huinac SAC.

Nombre de la Relavera	: Minera Huinac SAC
Ubicación	: Ticapampa – Recuay - Ancash
Accesibilidad	: Por la carretera de Catac con desvío a la izquierda, cerca a carretera de acceso a Minera Antamina.

Para realizar el análisis de datos, se consideraron las siguientes consideraciones:

La muestra de relave minero se obtuvo de la Planta de Tratamiento de Minera Huinac SAC, ubicado en la localidad de Ticapampa, distrito de Recuay, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash.

Se realizó el ensayo de Fluorescencia Rayos X en la muestra de relave, en la Universidad Nacional de San Marcos utilizando un espectrómetro FRXDE de Amptek con ánodo de oro, que funcionaba a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10  $\mu$ A y pudo demostrar la presencia de elementos químicos con número atómico Z igual o superior a 13 mediante la detección de los rayos X característicos emitidos por los átomos.

Los espectros se acumularon en un intervalo de 300 s utilizando 2048 canales con ángulos de incidencia y salida de aproximadamente 45 °; Distancia de la

muestra a la fuente de rayos X de 4 cm y distancia de la muestra al detector de 2 cm. y la tasa de conteo, fue de alrededor de 7960 cts/s.

Para determinar las propiedades físicas del agregado fino, se llevaron a cabo los siguientes ensayos en el laboratorio USP Filial Huaraz:

#### Contenido de Humedad

Se pesaron 2 muestras de arena gruesa húmeda, y luego se colocaron al horno durante 24 horas, una vez pasado ese tiempo, se pesaron las mismas para determinar la variación en el contenido de humedad.

#### Granulometría

Se pesó una muestra de 1420 g. para luego tamizarlo por las mallas N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200. Obteniendo un Módulo de Fineza de 2,55.

#### Gravedad Específica y Absorción

Se sacó una muestra aproximada donde se removió con una espátula para poder secarla a temperatura ambiente, luego se sujeta el molde en forma de cono se vierte firmemente en un número suficiente de muestras y se golpea con una varilla de molde en 25 golpes, de modo que se pueda determinar si se retiene un exceso de humedad en la superficie de las partículas. Una vez que el agregado esté completamente seco, pese 300 g de la muestra y agregue agua alfiola. para luego juntarla con la muestra y agitarla durante 15 min. Finalmente se dejó reposar por una hora y se agregó agua hasta enrasar el recipiente y se pudo determinar su peso.

#### Peso unitario

Para determinar el peso unitario suelto, en el molde establecido, el agregado se llena hasta una altura de no más de 5 cm desde la superficie del recipiente o molde hasta llegar al borde, enrasarlo y poder pesarlo.

Para el peso unitario compactado, coloque el agregado en tres capas, cada una apisonada con 25 golpes hasta llenar el volumen del molde aproximadamente y luego se pesó.

Determinación de la Fluidez del Mortero.

Se pasó por la malla N°4 la arena gruesa y se cuarteó la muestra natural para uniformizarla y poder sacar el peso requerido para el mortero.

Se pesó 687.5g de arena para la dosificación 1:4 y 171.9 gr de cemento tipo I “SOL”.

La cantidad de agua requerida para el mortero se calcula en base al peso total de la muestra.

Se llenó los insumos al equipo respectivo para realizar una mezcla de arena, cemento y agua, en intervalos de tiempo acorde a lo estipulado en el manual del laboratorio de la universidad.

Una vez obtenida la pasta de mortero, se traslada a la máquina de fluidez para la toma de datos.

Se repitió el procedimiento para la mezcla incluido el 10% y 15% por relaves.

Determinación del Peso Específico.

Se pasó el relave por la malla N°200 para luego pesar 64 gr. de este, para el ensayo.

Se utilizó gasolina de 90 para determinar el desplazamiento de la muestra, se echó a la fiola y mediante baño maría entró en proceso de combustión, se puso en cero nuevamente, para poder verter la muestra de relave y así se pudo calcular el peso específico de este.

Se volvió a repetir los mismos pasos para la mezcla de sustitución al 10% y 15% por relave y se tomaron los datos.

Determinación del pH del cemento y el relave.

Se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, en donde para la determinación del pH del cemento el valor de pH de los relaves de la mina, el valor de pH de los relaves y

la mezcla de cemento con los porcentajes de sustitución; se calculó el Potencial Hidrógeno para las muestras de:

Relave al 100%	denominado	Relave minero
Cemento al 100%	denominado	Cemento
Cemento + 10% Relave	denominado	Cemento 90% + 10% relave minero
Cemento + 15% Relave	denominado	Cemento 85% + 15% relave Minero.

Determinación de la resistencia a la compresión axial.

Equipos e insumos

Mortero.

El propósito del mortero es unir las celdas, absorber todas las irregularidades de las celdas y sellar las juntas para evitar la penetración de aire y humedad. El mortero se utiliza para asentar la unidad de pilas con la relación de volumen de cemento y arena de 1: 4, utilizando el siguiente método insumos:

Cemento.

Se utiliza el cemento puzolánico Portland tipo IP de la marca SOL.

Arena gruesa.

Para la colocación de ladrillos en la construcción de la pilas se utilizó arena gruesa de la cantera FIRCH; La cantera FIRCH, está ubicada en Pariahuanca, Distrito de Jangas,, Departamento de Ancash.

Tamaño máximo Nominal	: N° 8
Módulo de fineza	: 2.5
Humedad	: 6.30%

Base de mortero (CAPPING):

Se hizo para dar uniformidad a la parte superior e inferior de las pilas de albañilería, para que permanecieran lisas. El propósito de este proceso es distribuir las cargas de manera uniforme entre las pilas.

El refrentado fue de un espesor pequeño, aproximadamente entre 3 mm. y 8 mm.

Equipo:

La Máquina para este ensayo a compresión fue del tipo Botella, mediante una máquina de compresión de 200 ton con un dial de carga comprendido por un manómetro digital MINIPRESS de 1 PSI de presión.

El espacio interno de la máquina permite probar muestras con una altura de no más de 350 mm y un ancho de no más de 500 mm, lo que es conveniente para probar diferentes núcleos de concreto pilar con un ancho de 240 mm en este ejemplo. La operación es puramente hidráulico, que puede aumentar o disminuir la velocidad de aplicación de la fuerza.

Procedimiento Constructivo:

Para determinar la resistencia a la presión axial de la albañilería (f'm), se construyeron y ensayaron muestras, las denominados pilares. Los ladrillos se regaron antes de que se construyeran los pilares de albañilería durante media hora.

La cantidad de agua en el mortero es en base a la relación agua cemento obtenido en el laboratorio mediante el ensayo de fluidez para la muestra patrón (cemento + arena), muestra con 10% de Relave (90% de cemento + 10% de relave + arena) y muestra con 15% de Relave (85% de cemento + 15% de relave + arena).

La construcción se realizó según el procedimiento estándar, controlando la alineación horizontal con el cordón, la altura con la plantilla y la verticalidad con un nivel y una plomada. Las articulaciones eran de 1,5 cm.

Los pilares fueron curados y almacenados a temperatura ambiente, teniendo cuidado de no someterlos a gradientes térmicos muy pronunciados. Es ideal para probar los pilares después de 28 días, pero el estándar también permite la prueba a una edad de al menos 14 días. (edad de ensayo).

Procedimiento para Ensayo:

Se tuvo cuidado en su transporte, moviéndolos solo una semana antes de la prueba y el mismo día de la prueba de “capear “, teniendo cuidado de no causar ningún daño.

Antes de la prueba, la columna de albañilería se midió 05 veces entre los bordes de las superficies superior e inferior del pilar para obtener el valor promedio correspondiente. El método para medir la longitud esbelta es:

De acuerdo con NTP 339.605, las capas de intemperismo superior e inferior del prisma son paralelas y el espesor promedio del recubrimiento no excede los 3 mm. Un método de prueba para determinar la resistencia a la compresión de prismas de albañilería.

Las pilas de mampostería se cepillaron para eliminar el polvo, así como las placas de carga superior e inferior del equipo y los ejes del centro de gravedad de la muestra se alinearon con el centro de la máquina de prueba.

Este procedimiento se realizó en 3 muestras de pilares estándar, 3 muestras de pilares con relaves en lugar de 10% de cemento y 3 muestras de pilares con relaves de minería en lugar de 15% de cemento.

Finalmente se realizó la toma de datos.

Determinación de la Compresión Diagonal (Corte Directo)

El ensayo de compresión diagonal se realizó según el procedimiento especificado por la norma técnica peruana NTP 399.621 (INDECOPI 2004), que



es similar a ASTM E 51900. La carga P se aplicó en forma monotónicamente creciente, a una velocidad de 1ton/min hasta alcanzar la rotura del murete.

Equipos e Insumos:

Ladrillo KK 18 huecos kallpa

Las características del ladrillo con el que se trabajó son:

Dimensiones: 23 x 12.5 x 9

Propiedades mecánicas: (según la norma)

$f^*m = 65 \text{ kg/cm}^2$

$f^*v = 8.1 \text{ kg/cm}$

Base de Mortero (CAPPING):

Este refrentado o capping se colocó en las esquinas del murete, las cuales van a estar en contacto con los cabezales metálicos del equipo.

Equipo:

La Máquina para este ensayo fue mediante un marco de carga a compresión de 150 ton con un dial de carga comprendido por un manómetro digital MINIPRESS de 1 PSI de presión.

Procedimiento Constructivo:

Con el fin de determinar la resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería ( $v^*m$ ) se construyeron y ensayaron los especímenes denominados muretes.

Los ladrillos se regaron durante media hora antes de que se construyeran los pilares de albañilería.

La cantidad de agua en el mortero es en base a la relación agua cemento obtenido en el laboratorio mediante el ensayo de fluidez para la muestra patrón (cemento

+ arena), muestra con 10% de Relave (90% de cemento + 10% de relave + arena) y muestra con 15% de Relave (85% de cemento + 15% de relave + arena).

La construcción se llevó a cabo de acuerdo con los procedimientos estándar, la alineación horizontal se controló con una cuerda, la altura se controló con el encofrado y la verticalidad se controló con las líneas horizontales y de plomada. La longitud mínima es 60 x 60 y la máxima 68 x 68. Se coloca en 6 capas de 2.5 ladrillos, cada capa mide aproximadamente 1.5 cm de largo.

Las paredes fueron curadas y almacenadas a temperatura ambiente, cuidando de no someterlas a gradientes térmicos muy pronunciados.

Procedimiento para Ensayo:

El ensayo se realizó a los 28 días de contruidos.

Se pesó cada muestra de murete antes de colocarlo a la máquina de compresión.

La pared se colocó para verificar su posición correcta, con las cabezas superior e inferior centradas.

De cada muestra se midieron las longitudes de sus lados y la longitud diagonal por 05 veces para sacar el promedio de sus dimensiones.

Se procedió con la toma de datos correspondientes.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Propiedades físicas de la arena gruesa:

Contenido de Humedad

Tabla 12

Resultado De Contenido de Humedad

AGREGADO FINO		
N° de tarro	17	40
Peso tarro + suelo húmedo	901.7	952.2
Peso tarro + suelo seco	857.9	905.8
Peso del agua	43.80	46.40
Peso del tarro	104.50	163.8
Peso del suelo seco	693.40	742.0
Contenido de humedad	6.32	6.3
Humedad Promedio	6.3	

Fuente: Laboratorio de Suelos de USP

**Humedad Promedio = 6.3 %**

Análisis Granulométrico

Peso Seco inicial	1420
Peso seco lavado	1366.50
Peso perdido por lavado	53.50

Tabla 13

Resultado de la granulometría

TAMIZ	PESO RETEN	%RETEN. PARCIAL	% RETEN. ACUMULADO	% QUE PASA
N°4	0.00	0.00	0.00	100.0
N°8	166.00	11.69	11.69	88.31
N°16	220.00	15.49	27.18	72.82
N°30	305.50	21.51	48.70	51.30
N°50	389.50	27.43	76.13	23.87
N°100	213.50	15.04	91.16	8.84
N°200	72.00	5.07	96.23	3.77
PLATO	53.50	3.77	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1420.00</b>	<b>100.00</b>	

Fuente: Laboratorio de Suelos de USP

**Tamaño máximo Nominal : N° 8**

**Módulo de fineza : 2.55**

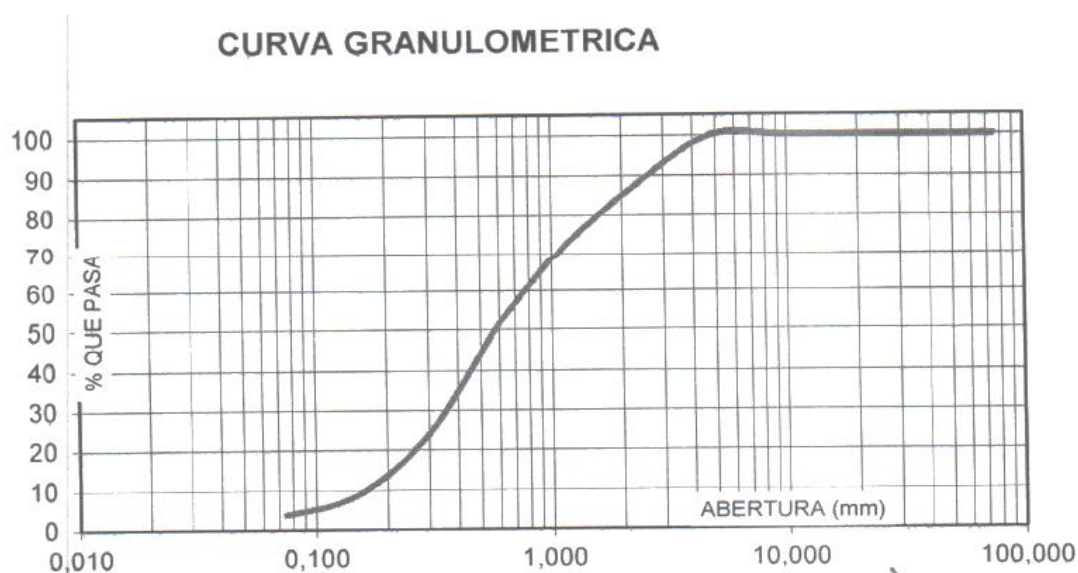


Figura 4. Curva Granulométrica.

Fuente: Laboratorio de Suelos de USP.

### 3.2 Peso específico y Absorción del Agregado Fino

Tabla 14

Resultados del Peso específico y absorción del Agregado Fino

Peso de mat. Saturado superficialmente seco (aire)	300.0
Peso de frasco + agua	663.5
Peso frasco + agua + material	963.5
Peso de mat. + agua en el frasco	848.4
Volumen de masa+volumen de vacío	115.1
Peso Material seco en horno	296.5
Volumen de masa	111.60
<b>ABSORCIÓN(%)</b>	<b>1.2</b>
<b>ABS. PROMO (%)</b>	<b>1.2</b>

PROMEDIO	
P.e. Bulk(Base seca)	2.58
P.e. Bulk (Base saturada)	2.61
P.e. Aparente(Base Seca)	2.66

Fuente: Laboratorio de Suelos de USP

**Absorción Promedio = 1.2%**

**P.e. Bulk (Base Seca) = 2.58**

**P.e. Bulk (Base Saturada) = 2.61**

**P.e. Aparente (Base Seca) = 2.66**

### 3.3 Pesos Unitarios

#### 3.3.1 Peso Unitario Suelto del Agregado Fino

Tabla 15

Resultados del Peso unitario suelto del Agregado Fino

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7705	7700	7725
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4285	4280	4305
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1544	1542	1551
<b>Peso unitario prom.</b>		<b>1545 kg/m<sup>3</sup></b>	

Fuente: Laboratorio de Suelos de USP

#### 3.3.2 Peso Unitario Compactado del Agregado Fino

Tabla 16

Resultados del Peso unitario compactado del Agregado Fino

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8070	8085	8080
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4650	4665	4660
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1675	1680	1679
<b>Peso unitario prom.</b>		<b>1678 kg/m<sup>3</sup></b>	

Fuente: Laboratorio de Suelos de USP

### 3.4 Fluidiz de la mezcla del mortero para la albañilería estructural.

Si:

$$\% F = \left( \frac{\Phi_{prom} - \Phi_{original}}{\Phi_{original}} \right) * 100$$

Y:

Tabla 17

Relación Agua/Cemento

Muestra	Relación a/c
Patrón	0.80
Cemento 90% + Relave 10%	0.79
Cemento 85% + Relave 15%	0.78

Fuente: Laboratorio de Suelos de USP

Entonces:

*Muestra Patrón*

$$\% F = \left( \frac{23.0 - 10.16}{10.16} \right) * 100$$

$$\% F = 126.38 \%$$

*Muestra Cemento 90% + 10% Relave minero*

$$\% F = \left( \frac{22.65 - 10.16}{10.16} \right) * 100$$

$$\% F = 122.93 \%$$

*Muestra Cemento 85% + 15% Relave minero*

$$\% F = \left( \frac{22.85 - 10.16}{10.16} \right) * 100$$

$$\% F = \mathbf{124.90 \%}$$

*Tabla 18*

Resultados de la fluidez de la mezcla del mortero

<b>Muestra</b>	<b>% F</b>
Patrón	126.38
Cemento 90% + Relave 10%	122.93
Cemento 85% + Relave 15%	124.90

*Fuente:* Laboratorio de Suelos de USP



### 3.5 Composición química del relave industrial mediante FRX

Los valores obtenidos, representados la concentración se expresa como porcentaje de la masa total, en términos de óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación, los cuales fueron:

Tabla 19

Resultados de la Composición química del relave industrial mediante FRX

Óxido	Concentración % Masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.327	9.840
SiO <sub>2</sub>	76.889	56.770
SO <sub>2</sub>	23.772	17.552
K <sub>2</sub> O	3.064	2.262
CaO	1.444	1.066
TiO <sub>2</sub>	0.336	0.248
MnO	0.687	0.507
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.216	9.019
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.010	0.007
CuO	1.002	0.740
ZnO	0.592	0.437
AS <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.835	1.355
BrO <sub>2</sub>	0.004	0.004
SrO	0.006	0.004
ZrO <sub>2</sub>	0.008	0.006
BaO	0.065	0.048
PbO	0.163	0.120
Total	135.439	100.00

Fuente: Laboratorio de Arquiometría de la UNMSM

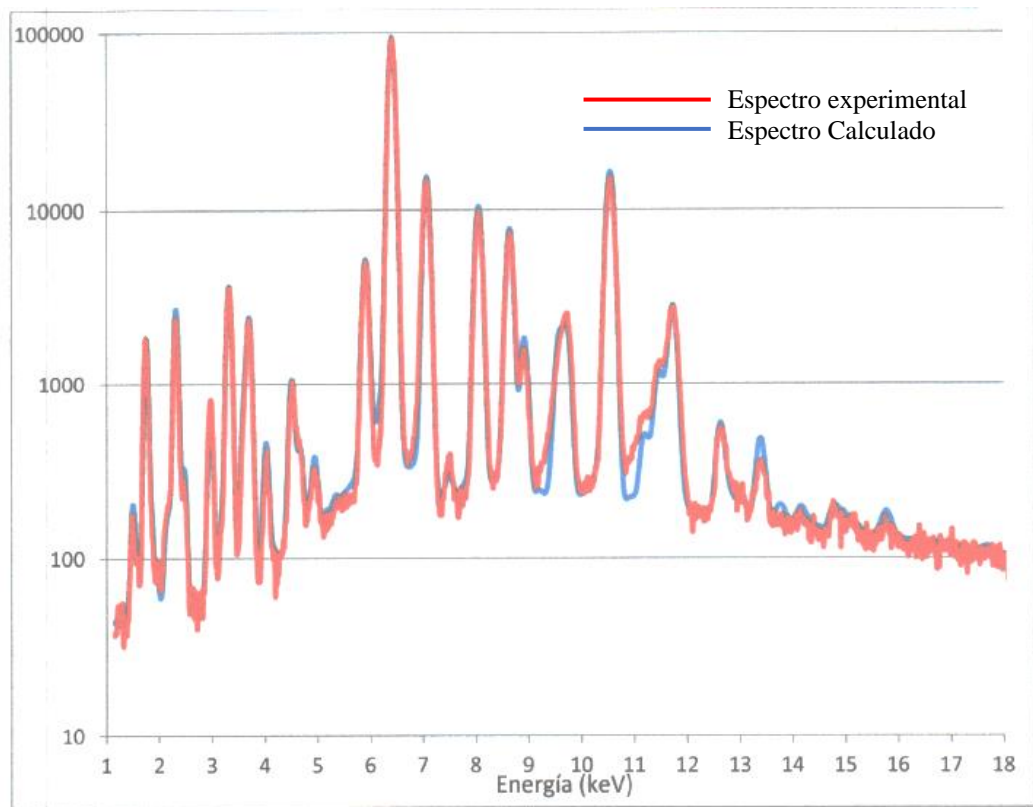


Figura 5. Espectro de FRXD de muestra de Relave en escala semi logarítmica

Fuente: Laboratorio de Arquiometría de la UNMSM

### 3.6 Peso específico de las muestras

$$P. e. = \frac{\text{Peso Material}}{\text{Desplazamiento}}$$

Entonces:

- *Relave al 100%*

- *Peso relave = 64 gr.*

$$P. e. = \frac{64 \text{ gr}}{16}$$

$$P. e. = 4$$

- *Cemento 90% + Relave 10%*

- *Peso cemento = 57.6 gr.*

- *Peso relave = 6.4 gr*

$$P. e. = \frac{64 \text{ gr}}{18.3}$$

$$P. e. = 3.5$$

- *Cemento 85% + Relave 15%*

- *Peso cemento = 54.4 gr.*

- *Peso relave = 9.6 gr*

$$P. e. = \frac{64 \text{ gr}}{16.8}$$

$$P. e. = 3.8$$

- *Cemento al 100%*

$$P. e. = 3.1$$

*Tabla 20*

Resultado del Peso Específico de las muestras

Muestra	P.e.
Relave	4
Cemento 90% + Relave 10%	3.5
Cemento 85% + Relave 15%	3.8
Cemento	3.1

*Fuente:* Laboratorio de Suelos de la USP

### 3.7 pH de las muestras

- *Relave al 100%*

Tabla 21

Resultado de pH de Relave Minero

<b>Muestra</b>	<b>pH</b>	<b>Calificación</b>
Relave minero	7.75	pH es ligeramente alcalino

Fuente: Laboratorio de Agua y Suelos UNASAM

- *Cemento Portland tipo I marca Sol al 100%*

Tabla 22

Resultado de pH de Cemento

<b>Muestra</b>	<b>pH</b>	<b>Calificación</b>
Cemento	12.14	pH es extremadamente alcalino

Fuente: Laboratorio de Agua y Suelos UNASAM

- *Cemento Portland tipo I marca Sol al 90% + 10% de Relave*

Tabla 23

Resultado de pH de Cemento 90% + 10% relave minero

<b>Muestra</b>	<b>pH</b>	<b>Calificación</b>
Cemento 90% + 10% relave minero	12.01	pH es extremadamente alcalino

Fuente: Laboratorio de Agua y Suelos UNASAM

- *Cemento Portland tipo I marca Sol al 85% + 15% de Relave*

Tabla 24

Resultado de pH de Cemento 85% + 15% relave minero

Muestra	pH	Calificación
Cemento 85% + 15% Relave Minero	11.98	pH es extremadamente alcalino

Fuente: Laboratorio de Agua y Suelos UNASAM

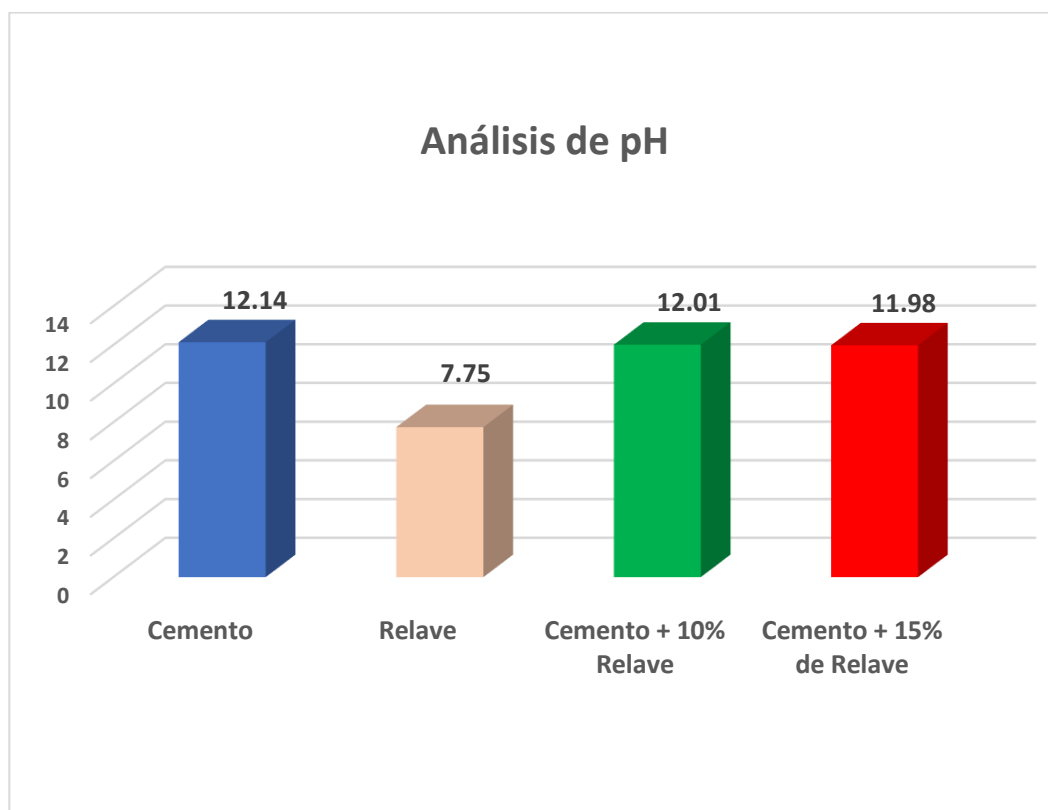


Figura 6. Resultados del Ph de las muestras

Fuente: Elaboración propia

### 3.8 Esfuerzo de compresión axial de pilas

- *Muestra Patrón (P-Patrón)*

Datos:

Tabla 25

Datos para cálculo del  $f'm$  de P-patrón

CÓDIGO	Lp(cm)					t(cm)					H(cm)					P(PSI)
	L1	L2	L3	L4	L5	t1	t2	t3	t4	t5	H1	H2	H3	H4	H5	
P1- Patrón	22.4	22.7	22.1	22.6	22.8	12.5	12.5	12.7	12.7	12.5	32.7	32.9	32.9	33.2	33.2	783
P2- Patrón	22.4	22.5	22.3	22.6	22.5	12.2	12.2	12.3	12.5	12.3	33.2	33.1	32.6	32.7	32.6	677
P3- Patrón	22.5	22.6	22.4	22.6	22.7	12.4	12.5	12.2	12.4	12.5	33.9	33.9	34.3	34.4	34.1	666

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- L: Longitud de la unidad
- t: Ancho de la unidad
- H: Alto de la pila de 3 unidades
- P: Carga aplicada

Si:

$$f'm = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Entonces:

Tabla 26

Cálculo del  $f'm$  de P-patrón

CÓDIGO	Lp(cm)	tp (cm)	Hp(cm)	P (kg)	A=Lp*tp(cm <sup>2</sup> )	f'm=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )
P1- Patrón	22.52	12.58	32.98	21046.73	283.30	74.291
P2- Patrón	22.46	12.3	32.84	18197.50	276.26	65.871
P3- Patrón	22.56	12.4	34.12	17901.82	279.74	63.994

Fuente: Elaboración propia

Aplicando la corrección por esbeltez

Esbeltez (E):

$$E = h/t$$

Coefficiente de corrección por esbeltez (CC):

$$CC = -0.0053 E + 0.051 E - 0.0631 E + 0.7074$$

Entonces:

Tabla 27

Corrección del f'm por esbeltez de P-patrón

CÓDIGO	E=Hp/tp	CC	fm corregido	(fmi-fm prom)^2	$\delta$
P1- Patrón	2.62	0.662	49.165	17.6025	
P2- Patrón	2.67	0.661	43.537	2.0498	
P3- Patrón	2.75	0.660	42.205	7.6387	<b>5.224073</b>
		fm promedio	44.969	<b>27.2909</b>	

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto:

$$f'm = fm promedio - \delta$$

$$f'm = 44.969 - 5.224$$

$$f'm = 39.745 \text{ kg/cm}^2$$



• *Muestra con 10% de Relave (P-10%)*

Datos:

Tabla 28

Datos para cálculo del f'm de P-10%

CÓDIGO	Lp(cm)					t(cm)					H(cm)					P(PSI)
	L1	L2	L3	L4	L5	t1	t2	t3	t4	t5	H1	H2	H3	H4	H5	
P1-10%	22.2	22.5	22.6	22.3	22.3	12.4	12.5	12.3	12.3	12.4	32.3	32.6	32.7	32.8	32.8	534
P2-10%	22.1	22.4	22.5	22.5	22.6	12.5	12.4	12.4	12.3	12.2	32.5	32.7	32.3	32.4	32.6	741
P3-10%	21.9	22.7	22.5	22.0	22.5	12.2	12.4	12.5	12.0	12.4	32.0	32.2	32.0	32.0	32.2	599

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- L: Longitud de la unidad
- t: Ancho de la unidad
- H: Alto de la pila de 3 unidades
- P: Carga aplicada

Si:

$$f'm = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Entonces:

Tabla 29

Cálculo del f'm de P-10%

CÓDIGO	Lp(cm)	tp (cm)	Hp(cm)	P (kg)	A=Lp*tp(cm2)	f'm=P/A (kg/cm2)
P1-10%	22.38	12.38	32.64	14353.71	277.06	51.806
P2-10%	22.42	12.36	32.5	19917.79	277.11	71.877
P3-10%	22.32	12.3	32.08	16100.89	274.54	58.648

Fuente: Elaboración propia

Aplicando la corrección por esbeltez

Esbeltez (E):

$$E = h/t$$

Coefficiente de corrección por esbeltez (CC):

$$CC = -0.0053 E + 0.051 E - 0.0631 E + 0.7074$$

Entonces:

Tabla 30

Corrección del  $f'm$  por esbeltez de P-10%

CÓDIGO	E=Hp/tp	CC	fm corregido	(fmi-fm prom)^2	$\delta$
P1-10%	2.64	0.662	34.271	35.3641	
P2-10%	2.63	0.662	47.557	53.8600	
P3-10%	2.61	0.662	38.826	1.9381	
		fm promedio	40.218	<b>91.1622</b>	<b>9.547892</b>

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto:

$$f'm = fm \text{ promedio} - \delta$$

$$f'm = 40.218 - 9.548$$

$$f'm = 30.670 \text{ kg/cm}^2$$

• *Muestra con 15% de Relave (P-15%)*

Datos:

Tabla 31

Datos para cálculo del f'm de P-15%

CÓDIGO	Lp(cm)					t(cm)					H(cm)					P(PSI)
	L1	L2	L3	L4	L5	t1	t2	t3	t4	t5	H1	H2	H3	H4	H5	
P1-15%	22.5	22.3	22.4	22.2	22.5	12.3	12.5	12.3	12.2	12.5	33.2	32.2	33.0	32.8	33.1	563
P2-15%	22.5	22.4	22.4	22.3	22.3	12.4	12.3	12.3	12.4	12.3	33.8	33.5	33.4	33.5	33.6	567
P3-15%	22.7	22.6	22.4	22.6	22.5	12.5	12.3	12.3	12.5	12.3	34.7	34.4	34.6	34	35.2	588

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- L: Longitud de la unidad
- t: Ancho de la unidad
- H: Alto de la pila de 3 unidades
- P: Carga aplicada

Si:

$$f'm = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Entonces:

Tabla 32

Cálculo del f'm de P-15%

CÓDIGO	Lp(cm)	tp (cm)	Hp(cm)	P (kg)	A=Lp*tp(cm <sup>2</sup> )	f'm=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )
P1-15%	22.38	12.36	32.86	15133.22	276.62	54.708
P2-15%	22.38	12.34	33.56	15240.74	276.17	55.186
P3-15%	22.56	12.38	34.58	15805.21	279.29	56.590

Fuente: Elaboración propia

Aplicando la corrección por esbeltez

Esbeltez (E):

$$E = h/t$$

Coefficiente de corrección por esbeltez (CC):

$$CC = -0.0053 E + 0.051 E - 0.0631 E + 0.7074$$

Entonces:

Tabla 33

Corrección del  $f'm$  por esbeltez de P-15%

<b>CÓDIGO</b>	<b>E=Hp/tp</b>	<b>CC</b>	<b>fm corregido</b>	<b>(fmi-fm prom)^2</b>	<b><math>\delta</math></b>
P1-15%	2.66	0.565	30.934	0.0621	
P2-15%	2.72	0.562	31.024	0.0252	
P3-15%	2.79	0.558	31.591	0.1665	
		fm promedio	31.1830	<b>0.2538</b>	<b>0.503765</b>

Fuente: Elaboración propia

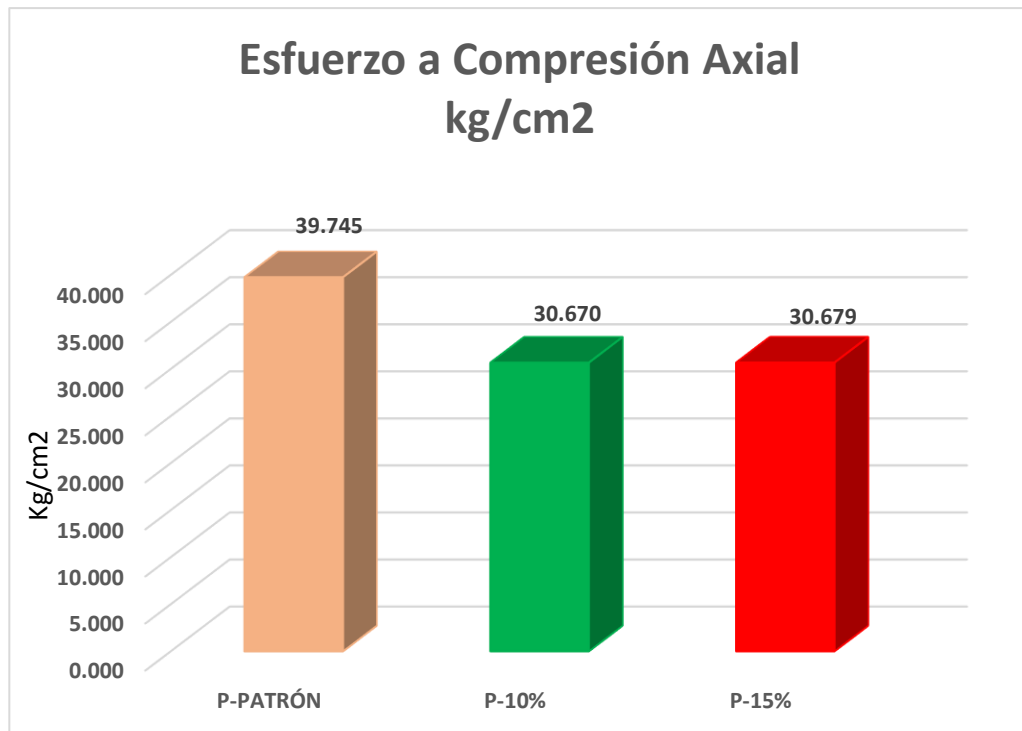
Por lo tanto:

$$f'm = fm \text{ promedio} - \delta$$

$$f'm = 31.183 - 0.504$$

$$f'm = 30.679 \text{ kg/cm}^2$$

Resultando finalmente:



*Figura 7.* Esfuerzo a Compresión Axial para la muestra patrón, con 10% y15% de sustitución por relave minero.

*Fuente:* Elaboración Propia

### 3.9 Esfuerzo de compresión diagonal (corte directo) de muretes

- *Muestra Patrón (M-Patrón)*

Datos:

Tabla 34

Datos para cálculo de v'm de M-patrón

CÓDIGO	Longitud(cm)					Altura(cm)					Espesor(cm)				
	L1	L2	L3	L4	L5	H1	H2	H3	H4	H5	t1	t2	t3	t4	t5
M1- Patrón	63.0	62.5	62.1	63.4	62.8	63.2	63.0	62.6	62.7	62.4	12.1	12.4	12.3	12.2	12.3
M2- Patrón	55.6	60.0	60.1	60.1	60.3	62.6	61.7	62.5	61.0	61.6	12.3	12.5	12.1	12.5	12.1
M3- Patrón	62.3	61.8	62.5	61.9	62.3	63.3	62.9	62.8	62.5	62.0	12.4	12.6	12.4	12.1	12.2

Fuente: Elaboración Propia

Entonces:

Tabla 35

Hoja de cálculo para obtener v'm de M-patrón

CÓDIGO	Lp(cm)	Hp (cm)	tp(cm)	D (cm)	P (PSI)	P (Kg)	A=(tp*D) m2
M1- Patrón	62.76	62.78	12.26	88.77	491.00	9633.45	1088.32
M2- Patrón	59.22	61.88	12.30	85.65	595.00	11673.94	1053.51
M3- Patrón	62.16	62.70	12.34	88.29	538.00	10555.59	1089.50

Fuente: Elaboración Propia

Si:

$$V'm = Vmp - \sigma \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Entonces:

Tabla 36

Cálculo de  $v'm$  de M-patrón

CÓDIGO	EDAD	Vm(kg/cm <sup>2</sup> )
M1- Patrón	28	8.8517
M2- Patrón	28	11.0810
M3- Patrón	28	9.6885
	Vmp (kg/cm <sup>2</sup> )	9.8737
	$\sigma$	1.1262
	<b>V'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>8.7475</b>

Fuente: Elaboración Propia

$$V'm = 9.874 - 1.126 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$V'm = 8.7475 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Y la dispersión porcentual es:

$$\text{Dispersión \%} = \frac{\sigma}{V_{mp}} * 100$$

En donde:

$\sigma$  : Desviación Estándar de la muestra.

$V_{mp}$  : Valor promedio del esfuerzo de compresión diagonal de la muestra (kg/cm<sup>2</sup>)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\left(\left(\frac{P}{A}\right)_{M1} - V_{mp}\right)^2 + \left(\left(\frac{P}{A}\right)_{M2} - V_{mp}\right)^2 + \left(\left(\frac{P}{A}\right)_{M3} - V_{mp}\right)^2}{2}}$$

En donde:

P : Carga de ensayo (kg)

A : Área tangencial a la carga de ensayo (cm<sup>2</sup>)

Entonces:

$$\text{Dispersión \%} = \frac{\sigma}{Vmp} * 100$$

$$\text{Dispersión \%} = \frac{1.126}{8.748} * 100$$

$$\text{Dispersión} = 11.406 \%$$



• *Muestra con 10% de Relave (M-10%)*

Datos:

*Tabla 37*

Datos para cálculo de v'm de M-10%

CÓDIGO	Longitud(cm)					Altura(cm)					Espesor(cm)				
	L1	L2	L3	L4	L5	H1	H2	H3	H4	H5	t1	t2	t3	t4	t5
M1- 10%	62.8	62.9	62.3	63.2	62.9	62.5	62.8	63.6	63.1	63.2	12.5	12.4	12.1	12.4	12.3
M2- 10%	62.5	62.5	62.8	63.0	62.5	62.3	62.6	62.5	62.6	62.4	12.4	12.2	12.4	12.4	12.3
M3- 10%	62.4	62.6	62.6	62.3	62.8	62.5	62.4	62.4	62.5	62.6	12.5	12.4	12.4	12.3	12.4

*Fuente:* Elaboración Propia

Entonces:

*Tabla 38*

Hoja de cálculo para obtener v'm de M-10%

CÓDIGO	Lp(cm)	Hp (cm)	tp(cm)	D (cm)	P (PSI)	P (Kg)	A=(tp*D) m2
M1- 10%	62.82	63.04	12.34	89.00	491.00	9633.45	1098.22
M2- 10%	62.66	62.48	12.34	88.49	363.00	7122.08	1091.93
M3- 10%	62.54	62.48	12.40	88.40	501.00	9829.65	1096.19

*Fuente:* Elaboración Propia

Si:

$$V'm = Vmp - \sigma \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Entonces:

Tabla 39

Cálculo de v'm de M-10%

CÓDIGO	EDAD	Vm(kg/cm <sup>2</sup> )
M1- 10%	28	8.7719
M2- 10%	28	6.5224
M3- 10%	28	8.9671
	Vmp (kg/cm <sup>2</sup> )	8.0871
	$\sigma$	1.3586
	<b>V'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>6.7286</b>

Fuente: Elaboración Propia

$$V'm = 8.087 - 1.359(kg/cm^2)$$

$$V'm = 6.7286 (kg/cm^2)$$

Y la dispersión porcentual es:

$$Dispersión \% = \frac{\sigma}{Vmp} * 100$$

En donde:

$\sigma$  : Desviación Estándar de la muestra.

Vmp : Valor promedio del esfuerzo de compresión diagonal de la muestra (kg/cm<sup>2</sup>)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\left(\left(\frac{P}{A}\right)_{M1} - V_{mp}\right)^2 + \left(\left(\frac{P}{A}\right)_{M2} - V_{mp}\right)^2 + \left(\left(\frac{P}{A}\right)_{M3} - V_{mp}\right)^2}{2}}$$

En donde:

P : Carga de ensayo (kg)

A : Área tangencial a la carga de ensayo (cm<sup>2</sup>)

Entonces:

$$\text{Dispersión \%} = \frac{\sigma}{V_{mp}} * 100$$

$$\text{Dispersión \%} = \frac{1.359}{8.087} * 100$$

$$\text{Dispersión} = 16.799 \%$$

• *Muestra con 15% de Relave (M-15%)*

Datos:

*Tabla 40*

Datos para cálculo de v'm de M-15%

CÓDIGO	Longitud(cm)					Altura(cm)					Espesor(cm)				
	L1	L2	L3	L4	L5	H1	H2	H3	H4	H5	t1	t2	t3	t4	t5
M1- 15%	63.2	62.9	63.0	62.6	63.5	64.0	63.9	64.3	64.5	64.6	12.1	12.3	12.2	12.6	12.1
M2- 15%	62.8	62.4	62.4	62.5	62.7	62.9	63.2	63.1	63.6	63.6	12.5	12.2	12.6	12.4	12.3
M3- 15%	62.5	62.3	61.9	62.6	62.0	63.5	63.7	63.5	63.2	63.2	12.0	12.2	12.5	12.0	12.4

*Fuente:* Elaboración Propia

Entonces:

*Tabla 41*

Hoja de cálculo para obtener v'm de M-15%

CÓDIGO	Lp(cm)	Hp (cm)	tp(cm)	D (cm)	P (PSI)	P (Kg)	A=(tp*D) m2
M1- 15%	63.04	64.26	12.26	90.02	395.00	7749.93	1103.63
M2- 15%	62.56	63.28	12.40	88.98	469.00	9201.81	1103.40
M3- 15%	62.26	63.42	12.22	88.87	303.00	5944.88	1086.03

*Fuente:* Elaboración Propia

Si:

$$V'm = Vmp - \sigma \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Entonces:

Tabla 42

Cálculo de v'm de M-10%

CÓDIGO	EDAD	Vm(kg/cm <sup>2</sup> )
M1- 15%	28	7.0222
M2- 15%	28	8.3395
M3- 15%	28	5.4740
	Vmp (kg/cm <sup>2</sup> )	6.9452
	$\sigma$	1.4343
	<b>V'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>5.5109</b>

Fuente: Elaboración Propia

$$V'm = 6.945 - 1.434 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$V'm = 5.5109 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Y la dispersión porcentual es:

$$\text{Dispersión \%} = \frac{\sigma}{V_{mp}} * 100$$

En donde:

$\sigma$  : Desviación Estándar de la muestra.

$V_{mp}$  : Valor promedio del esfuerzo de compresión diagonal de la muestra (kg/cm<sup>2</sup>)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\left(\left(\frac{P}{A}\right)_{M1} - V_{mp}\right)^2 + \left(\left(\frac{P}{A}\right)_{M2} - V_{mp}\right)^2 + \left(\left(\frac{P}{A}\right)_{M3} - V_{mp}\right)^2}{2}}$$

En donde:

P : Carga de ensayo (kg)

A : Área tangencial a la carga de ensayo (cm<sup>2</sup>)

Entonces:

$$\text{Dispersión \%} = \frac{\sigma}{Vmp} * 100$$

$$\text{Dispersión \%} = \frac{1.434}{6.945} * 100$$

$$\text{Dispersión} = 20.652 \%$$

Resultando finalmente:

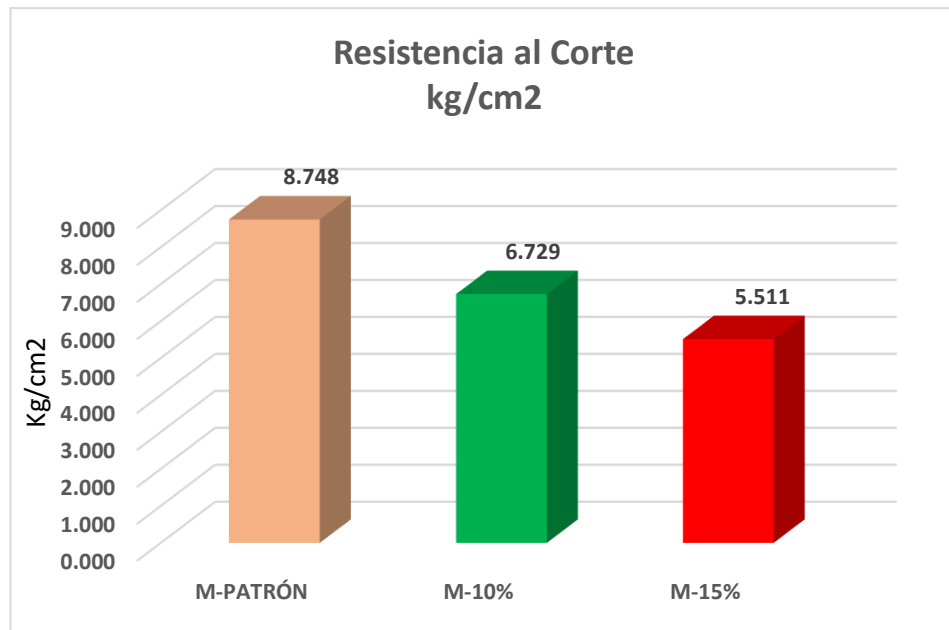


Figura 8. Esfuerzo al Corte para la muestra patrón, con 10% y 15% de sustitución por relave minero.

Fuente: Elaboración Propia

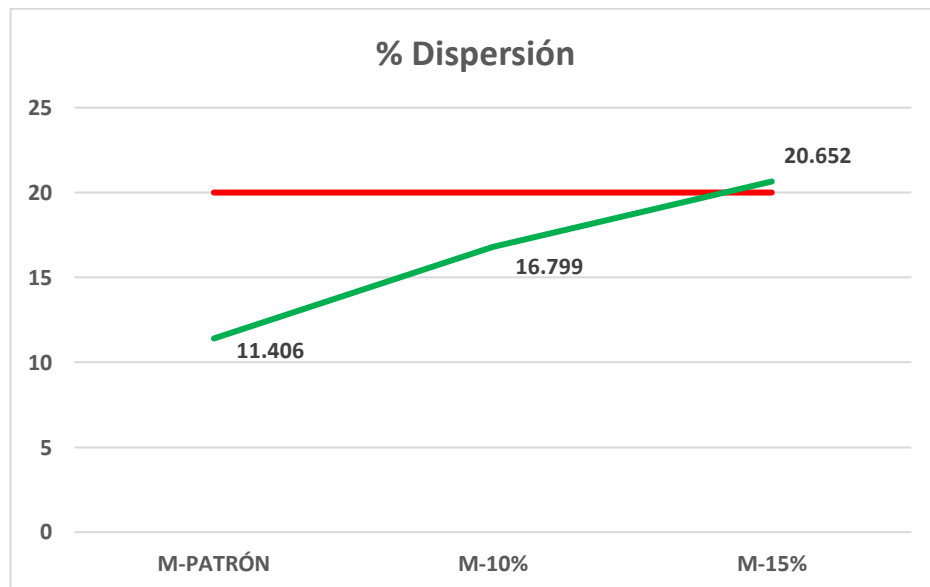


Figura 9. Porcentaje de dispersión para las muestras

Fuente: Elaboración Propia

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Medina, E. & Huarca, J. (2017), al evaluar las variaciones en la resistencia a la compresión axial y diagonal en muros de albañilería realizados con blocker de ladrillo y colocados con morteros estándar tipo P2 y NP según norma E-070, la variación obtenida la resistencia a la compresión axial en pilares con un mortero P2 respecto a un mortero NP es por defecto del 16,48%, y la variación de la resistencia a la compresión diagonal en los muros de un mortero P2 respecto a un mortero NP es del 9, 67% por defecto. Con lo que se prueba que la reducción de contenido de cemento afecta la resistencia mecánica del prototipo ensayado.

Según las propiedades físicas de la arena gruesa, resultaron con el contenido de humedad es 6.3%, el módulo de finura es 2.5, el peso específico seco es 2.58, el peso específico saturado es 2.61, el peso específico aparente es 2.66, la tasa de absorción promedio es 1.2%, el peso unitario suelto promedio es 1,545 kg / m<sup>3</sup>, y la presión media por unidad de peso. La resistencia real es de 1.678 kg / m<sup>3</sup>. Valor en rango normados.

Según la Fluidez de la Mezcla del mortero para la albañilería estructural, la tabla N°18 muestra la variación de porcentaje de fluidez para el mortero que tiene el 10% de relave, el cual varía por defecto en 3.45% en relación al porcentaje de fluidez de la mezcla de cemento puro (patrón); y para el mortero que tiene el 15% de relave varía por defecto en 1.48%; por lo que se puede apreciar que la relación de agua cemento se reduce, como se aprecia en la tabla N°17, ya que dependiendo de la cantidad de relave en la mezcla de mortero, la cantidad de agua va a generar o no, la consistencia adecuada para la adherencia en el muro de albañilería, es decir, que a mayor cantidad de relave en la mezcla se tendrá menor cantidad de agua. Significando equivalencia técnica con el mortero patrón.



En la tabla N°19, acorde al ensayo para determinar la composición química del relave mediante el FRXDE, se aprecia un comportamiento de los óxidos más estables generados en un proceso de calcinación, conllevando a resultados mayores al 100%, lo que significa que la muestra está constituida en parte por compuestos recientes entre los elementos participantes, es decir que los componentes químicos están formando compuestos químicos entre ellos lo que da origen al proceso de oxidación natural.

Según el Peso Específico de las muestras, se obtuvo que para la muestra con 100% relave resultó en P.e. = 4; para la muestra con 90% de cemento + 10% de relave P.e.=3.5 y para la muestra con 85% cemento + 15% relave P.e.=3.8, evidenciándose que, a mayor contenido de relave en el mortero, el P.e se incrementa, esto debido a que la presencia del relave reduce el volumen ya que cubre los espacios de la mezcla.

Según tabla N° 21, el pH del cemento más el 10% de relave; así como el pH del cemento más el 15% del mismo, reduce mínimamente la alcalinidad propia del cemento, por lo que químicamente se puede apreciar que la sustitución del cemento por relave conforme a lo indicado, no influye significativamente en la alcalinidad del cemento.

Según gráfico 7, el esfuerzo compresión axial de pilares con ladrillos de arcilla KK de 18 agujeros mortero 1:4, varía por defecto con presencia de 10% de relave en un 23%; y con presencia de 15% de relave, también en un 23%, lo que significa que la resistencia mecánica del prototipo ensayado se reduce.

Según gráfico 8, el esfuerzo corta la pared con ladrillos de arcilla. KK de 18 huecos con mortero 1:4, varía con presencia de 10% de relave en un 23%; y con presencia de 15% de relave, en un 37%, lo que significa que, a mayor presencia de relave, se tiene una sustancial reducción de la resistencia mecánica del prototipo ensayado.

El % de dispersión resultante del esfuerzo para la compresión diagonal de las paredes con ladrillos KK de 18 agujeros con mortero 1:4, con presencia del 10% de relave equivale a 16.799%, así mismo con presencia del 15% de relave equivale a 20.652%, conllevando a este último a superar lo permitido (20.00%), caracterización que promueve la condición de tener en cuenta la participación de relaves de origen industrial menores al 15%, de modo que la calidad esperada de los resultados del esfuerzo a la compresión diagonal sean técnicamente aceptables.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES:

Las propiedades físicas del agregado fino, calculadas en el laboratorio de suelos de la USP, resultaron ser aceptables tanto en la determinación del Contenido de humedad, granulometría, gravedad específica y absorción y peso unitario.

Utilizando las cantidades adecuadas de agua en la mezcla ya sea para la muestra patrón (cemento + agregado) o con sustitución del 10% y 15% (cemento + agregado + relave), el mortero obtuvo la consistencia necesaria para la correcta adherencia entre éste y el ladrillo de arcilla. Resultando que para la muestra patrón se empleó 16 kg de cemento, 64 kg de agregado fino y 12.8 lt de agua, para la muestra de Cemento al 90% + 10% de relave se empleó 14.40 kg de cemento, 64 kg de agregado fino y 12.7 lt de agua y finalmente para la muestra de Cemento al 85% + 15% de relave se empleó 13.60 kg de cemento, 64 kg de agregado fino y 12.6 lt de agua.

Acorde al resultado del ensayo de FRXD realizado a la muestra del relave, presentó mayor cantidad de Silicio en un 35.94%, seguido del Azufre en un 11.90%, Hierro en un 8.54% y Aluminio en un 7.05%, significando que la, alteran la resistencia de la mezcla del mortero, al ser sustituido en porcentajes mayores al 10%.

El peso específico determinado mediante el método de desplazamiento, generaron valores altos, esto es, el relave al 100% reportó un P.e. = 4, Cemento al 90% + 10% de relave reportó un P.e. = 3.5 y el Cemento al 85% + 15% de relave reportó un P.e. = 3.8; debido a la presencia de los metales pesados en el relave participante.

Acorde la prueba de esfuerzo de compresión axial las muestras seleccionadas, la participación de relave de origen industrial en un 10% y 15%, reduce su resistencia mecánica en un 23% en comparación con la muestra sin participación de relave minero.

Acorde a los ensayos de compresión diagonal de los muretes preparados, la presencia de relave en un 10% y 15%, reducen en un 23% y 37% la resistencia mecánica de las muestras ensayadas respectivamente, por lo que la resistencia al corte disminuye a medida que aumentan los relaves.

La reducción de la resistencia mecánica del mortero, tanto en los ensayos a la compresión axial, así como la de compresión diagonal, es debido a que como el cemento está compuesto por clinker (caliza más arcilla) y mineral de hierro, la presencia del relave como sustitución del cemento, reduce el calcio, le quita participación al cemento y por lo tanto reduce su resistencia.

#### RECOMENDACIONES:

Se recomienda que si bien los pilares se pueden probar en máquinas de uso general o máquinas de prueba similares. La prueba debe realizarse a una velocidad uniforme sin impacto, la duración de la prueba debe ser de entre 3-4 minutos, o puede realizarse mediante control de carga.

Se recomienda emplear mano la cantidad de trabajos calificados que realizaron las siguientes tareas: albañilería a fin de que se garantice la correcta dosificación de insumos.

Se recomienda al construir el muro, verifique la correcta adherencia entre el mortero y los ladrillos.

Se recomienda verificar que todos los ladrillos se encuentren en óptimas condiciones de uso.

Se recomienda verificar que todos los espacios (huecos) del ladrillo estén totalmente llenos de mortero.

Se recomienda la aplicación del presente trabajo de investigación, preferentemente en obras exteriores y aisladas o complementarias (cercos perimétricos, muros medianeros, etc), por cuanto los valores mínimos establecidos por la RNE E.070 para edificaciones ( $f'_m = 65 \text{ kg/cm}^2$  y  $v'_m = 8.1 \text{ kg/cm}^2$ ), superan a los valores obtenidos durante los ensayos con mortero 1:4 con participación del relave en 10% ( $f'_m = 30.670 \text{ kg/cm}^2$  y  $v'_m = 6.729 \text{ kg/cm}^2$ ) y participación del relave en 15% ( $f'_m = 30.679 \text{ kg/cm}^2$  y  $v'_m = 5.511 \text{ kg/cm}^2$ ).

## **VI. AGRADECIMIENTOS**

De manera especial y singular consideración por su apoyo y enseñanza a mi Asesor Ing. Gumercindo Flores Reyes; y de igual manera a mis padres y hermanos, esposo e hijos por su infinito apoyo, amor incondicional y permanente motivación durante el tiempo dedicado a la presente investigación.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2007). *Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería (1ra edición)*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/227399653/Flavio-Abanto-Castillo-II-pdf>.
- Aguirre, D. (2004). *Evaluación de las Características Estructurales de la Albañilería Producida con Unidades Fabricadas en la Región Central Junín*. (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica, Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/137>
- Arriola, J. (2009). *Diseño de Morteros con Cemento Hidráulicos para la Construcción de Muros con Elementos de Mampostería*. (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos, Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3077\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3077_C.pdf)
- Cárdenas L. & Baca E. (2016). *Evaluación de la Incidencia de la Calidad del Mortero Preparado con Arena de Canteras Locales en la Resistencia de la Albañilería en la Ciudad de Chachapoyas*. Tesis para optar el grado de magíster en Ingeniería Civil. Universidad Cesar Vallejo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/2744>
- De la Sotta, J. (2010). *Análisis Comparativo entre Mortero de Junta para Albañilería Fabricado en Obra y Mortero Premezclado Húmedo para Albañilería*. (tesis de pregrado). Universidad Austral, Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcis718a/doc/bmfcis718a.pdf>
- Gallegos H. & Casabonne C. (2005). *Albañilería Estructural 3ra Edición*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/369141977/106080890-Albanileria-Estructural-3ed-Hector-Gallegos-Carlos-Casabonne>

Guía Práctica De Cemento (2008). *Cemento*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/246036914/Guia-Practica-Del-Cemento>

Horna, M. (2015). *Influencia del Tipo de Curado en la Resistencia a la Compresión Axial de la Albañilería*. (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Perú. Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/9432/Horna%20Hern%C3%A1ndez%20Mar%C3%ADa%20Ver%C3%B3nica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Inciso, F. (2012). *Ensayos de Unidades de Albañilería*. Recuperado de [https://www.academia.edu/10643669/ENSAYOS\\_A\\_LA\\_UNIDAD\\_DE\\_ALBA%C3%91ILERIA\\_A\\_](https://www.academia.edu/10643669/ENSAYOS_A_LA_UNIDAD_DE_ALBA%C3%91ILERIA_A_)

Medina E. & Huarca J. (2017). *Evaluación de las Variaciones de Resistencia a Flexión por Adherencia, Compresión Axial y Diagonal en Muros de Albañilería Elaborados con Ladrillo Tipo Blocker Asentados con Morteros Normalizados Tipo P2 y NP según la Norma E.070*. (tesis de pregrado). Universidad Andina de Cusco, Perú. Recuperado de [http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/717/3/Eduardo\\_Jos%C3%A9\\_Tesis\\_bachiller\\_2016\\_p\\_1.pdf](http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/717/3/Eduardo_Jos%C3%A9_Tesis_bachiller_2016_p_1.pdf)

Mejía, A., Chichilla, L. & Mendoza, C. (2012). *Determinación de la Resistencia a la Compresión de Mortero Empleando Especímenes Cilíndricos y Cúbicos Utilizando Arena del Occidente del País*. (tesis de pregrado). Universidad Del Salvador. Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15315/1/TESIS%20DETERMINACION%20DE%20LA%20RESISTENCIA%20A%20LA%20COMPRESION%20DE%20MORTERO%20EMPLEANDO%20ESPECIMENES%20CILINDRICO.pdf>



Morante, A. (2008). *Mejora de la Adherencia Mortero-Ladrillo de Concreto*. (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/176>

Norma ASTM C144-11. *Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar*. Recuperado de [http://www.iccyc.com/sites/default/files/comisiones\\_vigentes/NORMATIVA%20MAMPOSTERIA.pdf](http://www.iccyc.com/sites/default/files/comisiones_vigentes/NORMATIVA%20MAMPOSTERIA.pdf)

Norma E.070 (2006). *Albañilería*. Recuperado de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2008/01/Norma-E-070-MV-2006.pdf>

NTP 339.088. HORMIGON (CONCRETO). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/364054587/Norma-Tecnica-Peruana-NTP-339-088-Concreto>

NTP 399.607. *Especificación Normalizada de Agregados Para Morteros de Albañilería*. Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=201>

Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del Concreto en el Perú- 2da Edición*. Recuperado de [https://www.academia.edu/36925573/ENRIQUE\\_PASQUEL\\_CARBAJAL\\_TOPICOS\\_DE\\_TECNOLOGIA](https://www.academia.edu/36925573/ENRIQUE_PASQUEL_CARBAJAL_TOPICOS_DE_TECNOLOGIA)

Revista Construmática (1ra Edición), *Características de los Morteros*. Recuperado de [https://www.construmatica.com/construpedia/Caracter%C3%ADsticas\\_de\\_los\\_Morteros](https://www.construmatica.com/construpedia/Caracter%C3%ADsticas_de_los_Morteros)

Revista Construmática (4ra Edición). *Morteros para Albañilería*. Recuperado de [https://www.construmatica.com/construpedia/Morteros\\_de\\_Alba%C3%B1iler%C3%ADa](https://www.construmatica.com/construpedia/Morteros_de_Alba%C3%B1iler%C3%ADa)

Reyes, C. (2018). *Estudio comparativo del mortero de adherencia convencional y el mortero embolsado para la elaboración de muros de albañilería, Lima-2018*. (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de Reyes\_CCH.pdf (ucv.edu.pe)

Salamanca, R. (2001). *Tecnología de los Morteros*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/911/91101107.pdf>

San Bartolomé, A. (2001). *Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/243898699/ANGEL-FRANCISCO-bartolome-albanileria-pdf>

## VIII. ANEXOS

**PANEL FOTOGRAFICO**

## PANEL FOTOGRAFICO



Foto N°01. Vista de la Cantera del agregado Fino



**Foto N°02. Vista de Ingreso a la Planta de Tratamiento de Minera HUIAC SAC.**



**Foto N°03. Obtención de propiedades físicas del agregado fino.**

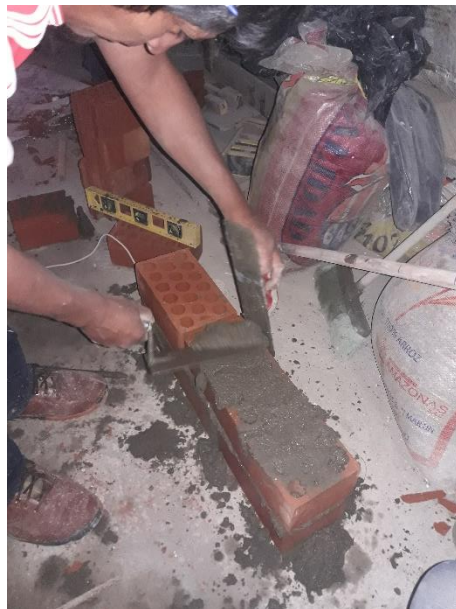




**Foto N°04. Obtención del peso específico.**



**Foto N°05. Obtención de la Fluidéz del mortero**



**Foto N°06. Preparación de Muretes  
Patrón, con 10% de Relave y 15% de Relave**





**Foto N° 07. Preparación de Pilas Patrón, con 10% de Relave y 15% de Relave y curado**



**Foto N° 08. Vista de Muros y Pilas terminadas**

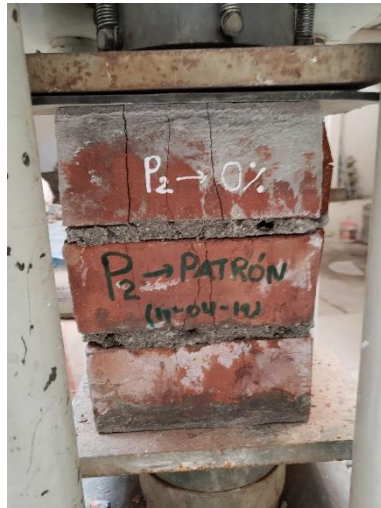


Foto N° 09. Ensayo de Compresión Axial



**Foto N° 10. Ensayo de Compresión Diagonal**





**Foto N° 11. Ensayo de Compresión Diagonal**

**ENSAYO DE LABORATORIO PARA  
DETERMINAR PROPIEDADES FISICAS DEL  
AGREGADO FINO**



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA**

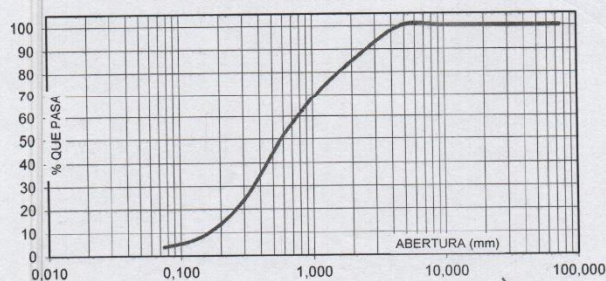
**SOLICITA :** Bach. Tarazona Rincon Maria Cristina  
**TESIS :** "Resistencia Mecanica de la Albañileria Estructural y Mortero con Cemento Sustituído en 10% y 15% por Relaves"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**FECHA :** 01/04/2019 **CANTERA :** PARIHUANCA **MATERIAL :** AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	1420
PESO SECO LAVADO	1366.50
PESO PERDIDO POR LAVADO	53.50

TAMIZ No	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2 1/2"	63,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500	0,00	0,00	0,00	100,00
Nº 4	4,750	0,00	0,00	0,00	100,00
Nº 8	2,360	166,00	11,69	11,69	88,31
Nº 16	1,180	220,00	15,49	27,18	72,82
Nº 30	0,600	305,50	21,51	48,70	51,30
Nº 50	0,300	389,50	27,43	76,13	23,87
Nº 100	0,150	213,50	15,04	91,16	8,84
Nº 200	0,075	72,00	5,07	96,23	3,77
PLATO		53,50	3,77	100,00	0,00
TOTAL		1420,00	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : nº 8  
 MODULO DE FINEZA : 2,55  
 HUMEDAD : 6,30%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 LIBRO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS	: "Resistencia Mecanica de la Albañileria Estructural y Mortero con Cemento Sustituido en 10% y 15% por Relaves"		
SOLICITA	: <b>Bach. Tarazona Rincon Maria Cristina</b>		
DISTRITO	: HUARAZ	HECHO EN	: USP -HUARAZ
PROVINCIA	: HUARAZ	FECHA	01/04/2019
PROG (KM.)	:	ASESOR	

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	:
MUESTRA	: AGREGADO FINO
PROF. (m)	:

AGREGADO FINO					
Nº TARRO		17	40		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	901,7	952,2		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	857,9	905,8		
PESO DE AGUA	(g)	43,80	46,40		
PESO DEL TARRO	(g)	164,50	163,8		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	693,40	742,0		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	6,32	6,3		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)				6,3



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAYO DE MATERIALES  
*[Signature]*  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO FINO**

**SOLICITA** : **Bach. Tarazona Rincon Maria Cristina**  
**TESIS** : "Resistencia Mecanica de la Albañileria Estructural y Mortero con Cemento Sustituído en 10% y 15% por Relaves"  
**LUGAR** : HUARAZ  
**CANTERA** : PARIHUANCA  
**MATERIAL** : **AGREGADO FINO**  
**FECHA** : **01/04/2019**

**A** : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
**B** : Peso de frasco+ agua  
**C = A + B** : Peso frasco + agua +material  
**D** : Peso de material+agua en el frasco  
**E = C - D** : Volumen de masa+volumen de vacio  
**F** : Peso Material seco en horno  
**G = E - (A - F)** : Volumen de masa

**ABSORCION (%)** :  $((A-F/F) \times 100)$   
**ABS. PROM. (%)** :

**P.e. Bulk (Base Seca)** = F/E  
**P.e. Bulk (Base Saturada)** = A/E  
**P.e. Aparente (Base Seca)** = F/G

300,0		
663,5		
963,5		
848,4		
115,1		
296,5		
111,60		
1,2		
1,2		

**PROMEDIO**

2,58		
2,61		
2,66		

**PROMEDIO**

**P.e. Bulk (Base Seca)**  
**P.e. Bulk (Base Saturada)**  
**P.e. Aparente (Base Seca)**

2,58		
2,61		
2,66		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAJO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Tarazona Rincon Maria Cristina  
**TESIS :** "Resistencia Mecanica de la Albañileria Estructural y Mortero con Cemento Sustituido en 10% y 15% por Relaves"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** PARIAHUANCA  
**MATERIAL :** AGREGADO FINO  
**FECHA :** 01/04/2019

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7705	7700	7725
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4285	4280	4305
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1544	1542	1551
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1545 Kg/m<sup>3</sup></b>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8070	8085	8080
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4650	4665	4660
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1675	1680	1679
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1678 Kg/m<sup>3</sup></b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

**ENSAYO DE LABORATORIO PARA  
DETERMINAR LA FLUIDEZ**



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE  
MORTERO-PATRON  
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : TARAZONA RINCON MARIA CRISTINA  
TESIS : RESISTENCIA MECANICA DE LA ALBAÑILERIA ESTRUCTURAL Y MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO EN  
10% Y 15% POR RELAVES  
LUGAR : HUARAZ - ANCASH  
FECHA : 23/05/2019  
RELACION : AGUA / CEMENTO 0.80

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
23.10	23.00	10.16	126.38
22.80			
23.10			
23.00			

  
**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE





**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE  
MORTERO-EXPERIMENTAL 10%**  
(MTC E 616-NTP 334.126)

SOLICITA : TARAZONA RINCON MARIA CRISTINA  
TESIS : RESISTENCIA MECANICA DE LA ALBANILERIA ESTRUCTURAL Y MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO EN  
10% Y 15% POR RELAVES  
LUGAR : HIJARAZ - ANCASH  
FECHA : 23/05/2019  
RELACION : AGUA / CEMENTO 0.79

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
22.90	22.85	10.16	124.90
22.20			
23.10			
23.20			

  
**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE  
MORTERO-EXPERIMENTAL 15%**  
(MTC E 616-NTP 334.126)

SOLICITA : TARAZONA RINCON MARIA CRISTINA  
TESIS : RESISTENCIA MECANICA DE LA ALBAÑILERIA ESTRUCTURAL Y MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO EN  
10% Y 15% POR RELAVES  
LUGAR : HUARAZ - ANCASH  
FECHA : 23/05/2019  
RELACION : AGUA / CEMENTO : 0.78

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
22.80	22.65	10.16	122.93
22.80			
22.40			
22.60			

  
**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FAC. ALTA INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos / Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
DEFE

**ENSAYO DE LABORATORIO PARA  
DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO Y PH**





**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO**  
( Frasco de Le Chaletir )  
(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : TARAZONA RINCON MARIA CRISTINA  
TESIS : RESISTENCIA MECANICA DE LA ALBAÑILERIA ESTRUCTURAL Y MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO EN  
10% Y 15% POR RELAVES  
LUGAR : HUARAZ – ANCASH  
MATERIAL : 100% RELAVE MINERO - HUINAC SAC  
FECHA : 23/05/2019

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	16.00	16.00
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	16.00	16.00
PESO ESPECIFICO		4.000	4.000
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( gr / cm3)	4.000	

  
**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO**

( Frasco de Le Chaletair)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : TARAZONA RINCON MARIA CRISTINA  
TESIS : RESISTENCIA MECANICA DE LA ALBAÑILERIA ESTRUCTURAL Y MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO EN  
10% Y 15% POR RELAVES  
LUGAR : HUARAZ – ANCASH  
MATERIAL : 90% CEMENTO + 10% RELAVE MINERO - HUINAC SAC  
FECHA : 23/05/2019

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	18.30	18.30
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	18.30	18.30
PESO ESPECIFICO		3.497	3.497
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( gr / cm3)	3.497	

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE





**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**


**PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO**  
( Frasco de Le Chaletair)  
(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : TARAZONA RINCON MARIA CRISTINA  
TESIS : RESISTENCIA MECANICA DE LA ALBAÑILERIA ESTRUCTURAL Y MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO EN  
10% Y 15% POR RELAVES  
LUGAR : HUARAZ - ANCASH  
MATERIAL : 85% CEMENTO + 15% RELAVE MINERO - HUINAC SAC  
FECHA : 23/05/2019

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	16.80	16.80
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	16.80	16.80
PESO ESPECIFICO		3.810	3.810
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( gr / cm <sup>3</sup> )	3.810	

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE





**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH**

**TITULO DE TESIS:** “Resistencia Mecánica de la Albañilería Estructural y Mortero con Cemento Sustituido en 10 % y 15 % por Relaves”

**TESISTA** : Tarazona Rincón, María Cristina - Tesista

**MUESTRA** : Cemento - Marca Sol

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 16 - 05 -19

**FECHA DE INICIO DE ANALISIS:** 17- 05 -19

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS:** 17 - 05 - 19

Muestra	pH
Cemento marca sol	12.14

**ENSAYOS**

1.- Determinación de pH

**OBSERVACIONES:**

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

**CONCLUSIONES**

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 17 de Mayo del 2019.



*Guillermo Castillo Romero*  
Ing. Agr. Guillermo Castillo Romero  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE SUELOS Y AGUAS





**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH**

**TITULO DE TESIS:** “Resistencia Mecánica de la Albañilería Estructural y Mortero con Cemento Sustituido en 10 % y 15 % por Relaves”

**TESISTA** : Tarazona Rincón, María Cristina - Tesista

**MUESTRA** : Relave

**LUGAR DE MUESTREO:** Planta de Tratamiento Minera Huinac SAC. Ticapampa - Recuay - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 16 - 05 -19

**FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:** 17- 05 -19

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANÁLISIS:** 17 - 05 - 19

Muestra	pH
Relave	7.75

**ENSAYOS**

1.- Determinación de pH

**OBSERVACIONES:**

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

**CONCLUSIONES**

- El pH es calificado como ligeramente alcalina

Huaraz, 17 de Mayo del 2019.



*[Handwritten Signature]*  
M.Sc. Guillermo Castillo Romero  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH**

**TITULO DE TESIS:** “Resistencia Mecánica de la Albañilería Estructural y Mortero con Cemento Sustituido en 10 % y 15 % por Relaves”

**TESISTA** : Tarazona Rincón, María Cristina - Tesista

**MUESTRA** : Cemento + 10 % de Relave

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 16 - 05 - 19

**FECHA DE INICIO DE ANALISIS:** 17- 05 - 19

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS:** 17 - 05 - 19

Muestra	pH
Cemento + 10 % Relave	12.01

**ENSAYOS**

1.- Determinación de pH

**OBSERVACIONES:**

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

**CONCLUSIONES**

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 17 de Mayo del 2019.



*Guillermo Castillo Romero*  
Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE SUELOS Y AGUAS





**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAJAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH**

**TITULO DE TESIS:** “Resistencia Mecánica de la Albañilería Estructural y Mortero con Cemento Sustituido en 10 % y 15 % por Relaves”

**TESISTA** : Tarazona Rincón, María Cristina - Tesista

**MUESTRA** : Cemento + 15 % de Relave

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 16 - 05 -19

**FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:** 17- 05 -19

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANÁLISIS:** 17 - 05 - 19

Muestra	pH
Cemento + 15 % Relave	11.98

**ENSAYOS**

1.- Determinación de pH

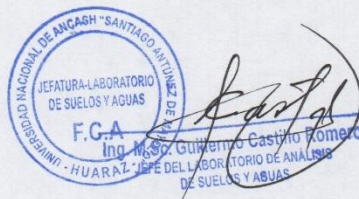
**OBSERVACIONES:**

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

**CONCLUSIONES**

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 17 de Mayo del 2019.



**ENSAYO DE LABORATORIO PARA  
DETERMINAR LA COMPOSICIÓN  
QUÍMICA DEL RELAVE**





**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N°034-LAQ/2019**

**Análisis de una muestra de relave por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de relave a pedido de la Srta. Bach. **Tarazona Rincón, María Cristina**, egresada de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia Mecánica de la Albañilería Estructural y Mortero con Cemento Sustituido en 10% y 15% por Relave.”**

La muestra procede de la Planta de Tratamiento de la Cia. Minera Huinac SAC en Ticapampa, Recuay, Ancash, y está en forma de grano fino de color gris.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 7960 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Na (Z=11) y Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como





**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

**Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de relave. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden





**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

formar en el proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de estos elementos y diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Luego, estos porcentajes son normalizados a 100%, Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de muestra de relave en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.327	9.840
SiO <sub>2</sub>	76.889	56.770
SO <sub>2</sub>	23.772	17.552
K <sub>2</sub> O	3.064	2.262
CaO	1.444	1.066
TiO <sub>2</sub>	0.336	0.248
MnO	0.687	0.507
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.216	9.019
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.010	0.007
CuO	1.002	0.740
ZnO	0.592	0.437
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.835	1.355
BrO <sub>2</sub>	0.004	0.004
SrO	0.006	0.004
ZrO <sub>2</sub>	0.008	0.006
BaO	0.065	0.048
PbO	0.163	0.120
Total	135.439	100.00



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

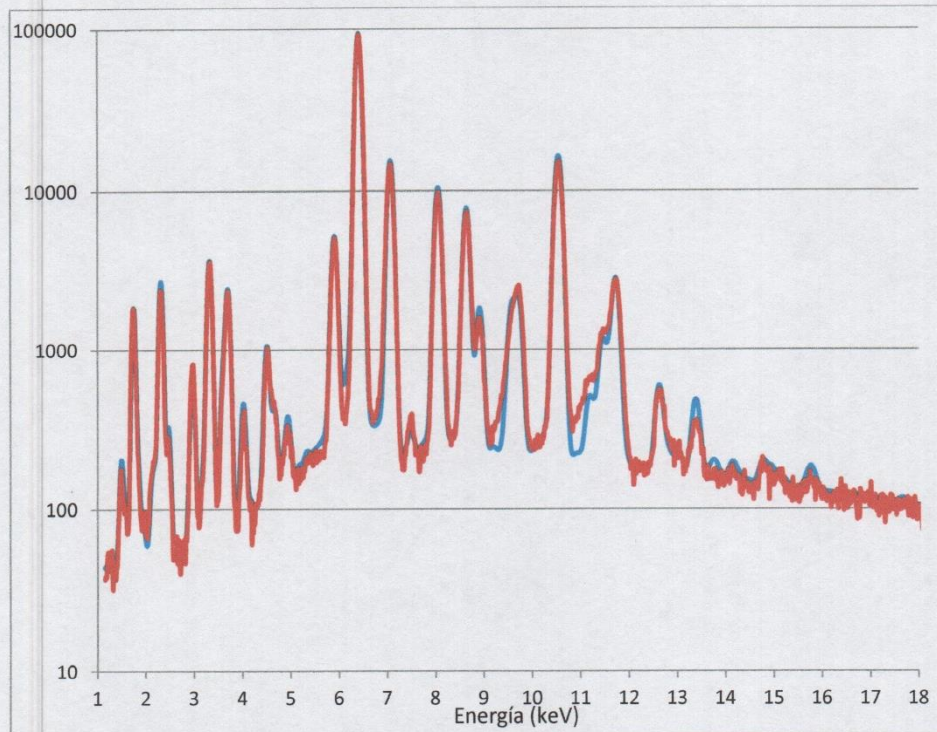


Figura 1. Espectro de FRXDE de muestra de relave en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 20 de mayo del 2019

**RESULTADOS DE LA COMPRESIÓN AXIAL  
DE PRISMAS Y COMPRESIÓN DIAGONAL  
DE MURETES**



### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PRISMAS

**TESIS :** "Resistencia mecánica de la albañería estructural y mortero con cemento sustituido en 10% y 15% por relaves"

**TESISTA:** Maria Cristina **TARAZONA RINCON**

**MUESTRA:** Altura de tres unidades, 33 cm aprox., ladrillos de 18 huecos

**MAQUINA:** De compresion de 200 Tn

**DIAL DE CARGA:** Manometro Digital MINIPRESS, 1.0 PSI de precision.

**FECHA:** 11/05/2019

CODIGO	CARGA(PSI)	P (Kg)	P (kN)
P1-PATRÓN	783	21046.73	206.47
P2-PATRÓN	677	18197.50	178.52
P3-PATRÓN	666	17901.82	175.62
P1 - 10%	534	14353.71	140.81
P2 - 10%	741	19917.79	195.39
P3 - 10%	599	16100.89	157.95
P1 - 15%	563	15133.22	148.46
P2 - 15%	567	15240.74	149.51
P3 - 15%	588	15805.21	155.05



**Observacion:** Las muestras fueron elaboradas en laboratorio por personal de la tesista.

  
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
Consejo Departamental Ancash - Huánuco  
  
Ing. CIP FERNANDO MIGUEL ARIAS ENRIQUEZ  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP Nº 78444



### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES

**TESIS :** "Resistencia mecánica de la albañilería estructural y mortero con cemento sustituido en 10% y 15% por relaves"

**TESISTA:** Maria Cristina **TARAZONA RINCON**

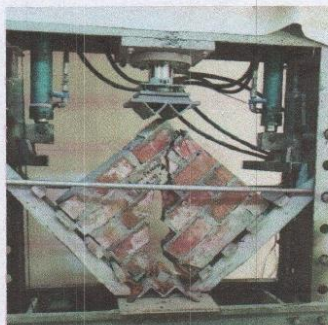
**MUESTRA:** De 2.5 unidades por 6 hiladas, 62x62 cm aprox., ladrillos de 18 huecos

**MAQUINA:** Marco de carga a compresion de 150 Tn

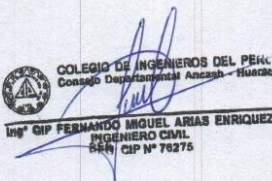
**DIAL DE CARGA:** Manometro Digital MINIPRESS, 1.0 PSI de presicion.

**FECHA:** 11/05/2019

CODIGO	CARGA(PSI)	P (Kg)	P (kN)
M1-PATRÓN	491	9633.45	94.50
M2-PATRÓN	595	11673.94	114.52
M3-PATRÓN	538	10555.59	103.55
M1 - 10%	491	9633.45	94.50
M2 - 10%	363	7122.08	69.87
M3 - 10%	501	9829.65	96.43
M1 - 15%	395	7749.93	76.03
M2 - 15%	469	9201.81	90.27
M3 - 15%	303	5944.88	58.32



**Observacion:** Las muestras fueron elaboradas en laboratorio por personal de la tesista.

  
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
Consejo Departamental Arequipa - Huancayo  
  
Ing. CIP FERNANDO MIGUEL ARIAS ENRIQUEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 76276





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**CFM-006-2019**

Pág. 1 de 3

**OBJETO DE PRUEBA:** MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS

**Rangos** 100 000 kgf  
**Dirección de carga** Ascendente  
**FABRICANTE** METROTEST  
**Modelo** MC-165  
**Serie** 163  
**Transductor (Modelo/Serie)** NO INDICA  
**Ubicación** Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.

**Codigo Identificación** NO INDICA  
**Norma utilizada** ASTM E4; ISO 7500-1  
**Intervalo calibrado** Escala (s) 100 000 kgf  
De 10 000 a 100 000 kgf 1% A 50%  
**Temperatura de prueba °C** Inicial 22,2 Final 22,4  
**Inspección general** La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento  
**Solicitante** 3R GEOINGENIERIA S.A.C  
**Dirección** CAL.RECUAY NRO. 470 URB. CENTENARIO ANCASH - HUARAZ - INDEPENDENCIA  
**Ciudad** ANCASH  
**PATRON(ES) UTILIZADO(S)** Tipo / Modelo BOTELLA  
Código MF-02  
Certif. de calibr. INF-LE-283-17 B/C PUCP

**Unidades de medida** Sistema Internacional de Unidades (SI)  
**FECHA DE CALIBRACION** 2019/01/14  
**FECHA DE EMISION** 2019/01/14  
**FIRMAS AUTORIZADAS**



Jefe de Metrología  
**Luiggi Asenjo G.**





# Metrotest

E.  
I.  
R.  
L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-006-2019

Pág. 3 de 3

### CLASIFICACIÓN DE

### MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS

#### Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA 100 000 kgf

Error de exactitud **0,64 %**

Error de repetibilidad **0,52 %**

Error de Reversibilidad No aplica

Error de cero

0

Error por accesorio

0 %

Resolución

0,02 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica:

**ESCALA 100 000 kgf Ascendente**

#### TRAZABILIDAD

METROTEST EIRL, asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Peru y la SNM INDECOPI.

#### OBSERVACIONES .

1. Los cartas de calibración sin las firmas no tienen validez .
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenidos parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos .

#### FIRMAS AUTORIZADAS



Jefe de Metrología  
**Luigi Asenjo G.**