



Universidad Nacional

**SAN LUIS GONZAGA**



## [Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**UNIDAD DE INVESTIGACION**

**EVALUACION DE ORIGINALIDAD**

**ID. N° 100070815**

**CONSTANCIA**

El que suscribe, deja constancia que se la realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento de INFORME FINAL DE TESIS cuyo título es:

**EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL RELAVE  
MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO ARTESANAL KING-  
KONG, EN EL DISTRITO DE PULLO-AYACUCHO**

presentado por:

**MASCCO CASTRO, ANTHONY JAINOR**

Bachiller del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Civil. El resultado obtenido es de **4% de similitud**, por el cual se otorga el calificativo de **APROBADO**, según el Reglamento para la evaluación de la Originalidad de los documentos de investigación.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 29 de mayo de 2023

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

  
Dr. SANTOS CHACALTANA VÁSQUEZ  
DIRECTOR (i)

DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Facultad de Ingeniería Civil



Eficacia de las propiedades físicas del relave minero para optimizar  
el ladrillo artesanal king-kong, en el distrito de Pullo-Ayacucho

Línea de Investigación:  
Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

PARA OPTAR POR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

AUTOR:  
BACH. MASCCO CASTRO, ANTHONY JAINOR

Ica, Perú  
2023

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con mucho afecto a mi padre Jainor Mascco Chahua, a mi hermosa madre Dora Isabel Castro Basilio, a mis queridos hermanos(as), Jaime, Thalía, Daddys, Rosemary, Mónica, a los compueblanos centro poblado de Relave a quienes los considero como mineros natos, a todos los docentes del colegio secundario menores mixto de Relave, quienes siempre creyeron en mí y me enseñaron a perseguir mis sueños mediante el esfuerzo y la preparación continua, para ellos todo mi respeto y estima personal, así mismo dedico este trabajo de investigación a todos los respetables docentes de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, en especial a los docentes de la facultad de ing. civil quienes guiaron mi camino durante mi formación profesional en la universidad y a todas mis amistades quienes siempre me llenan grandes sorpresas y pegajosas alegrías en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por la vida, a mi querido padre Jainor Mascco Chahua, a mi queridísima madre Dora Isabel Castro Basilio, a mis hermanos(as), Jaime, Thalía, Daddys, Rosemary, Mónica, a todas mis amistades y familiares, por el apoyo incondicional; asimismo agradezco al Ing. Santos Chacaltana Vásquez por aceptar y apoyarme como asesor de tesis en mi tesis de investigación, a la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, al decano de la facultad de ingeniería civil, a los trabajadores administrativos y a sus docentes quienes mediante sus enseñanzas me inculcaron el valor de la vocación profesional y servicio al pueblo peruano, así mismo guiaron mi camino durante mis estudios en la universidad; sus conocimientos y orientaciones me permitieron realizar ésta importante investigación. Asimismo, agradezco a todas las amistades de mi querido pueblo de origen el cual le guardo un espacio especial lleno de estima personal y como olvidar brindarle el agradecimiento a todos mis amigos y amigas que me alentaron y confiaron en mí, su amistad es lo más valioso para mí.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>11</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Antecedentes del problema de investigación.....</b>	<b>13</b>
1.1.1 Antecedentes a nivel internacional .....	13
1.1.2 Antecedentes a nivel nacional .....	14
1.1.3 Antecedentes a nivel local .....	17
<b>1.2 Formulación del problema .....</b>	<b>17</b>
1.2.1 Problema general.....	17
1.2.2 Problemas específicos.....	17
<b>1.3 Delimitación de la investigación .....</b>	<b>18</b>
1.3.1 Espacial .....	18
1.3.2 Temporal.....	19
1.3.3 Social.....	19
1.3.4 Conceptual.....	19
<b>1.4 Hipótesis de Investigación.....</b>	<b>20</b>
1.4.1 Hipótesis general .....	20
1.4.2 Hipótesis específica.....	20
<b>1.5 Variables de investigación.....</b>	<b>20</b>
1.5.1 Identificación de variables .....	20
1.5.2 Operacionalización de Variables.....	20
<b>1.6 Justificación e importancia de la investigación.....</b>	<b>22</b>
1.6.1 Justificación.....	22
1.6.2 Importancia.....	23
<b>1.7 Objetivos de la investigación .....</b>	<b>23</b>
1.7.1 Objetivo general.....	23
1.7.2 Objetivos específicos.....	23
<b>II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....</b>	<b>24</b>
<b>2.1 Tipo, nivel y diseño de investigación.....</b>	<b>24</b>
2.1.1 Tipo de investigación: .....	24
2.1.2 Nivel de investigación: .....	24
2.1.3 Diseño de investigación: .....	24

<b>2.2 Población y muestra materia de investigación. ....</b>	<b>24</b>
2.2.1 Población de estudio:.....	24
2.2.2 Muestra de estudio:.....	25
<b>2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>26</b>
2.3.1 Técnicas.....	26
2.3.2 Instrumentos.....	26
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1 Análisis e interpretación de datos.....</b>	<b>27</b>
3.1.1 Análisis de las encuestas .....	27
3.1.2 Diseño y dosificación:.....	28
3.1.3 Análisis físico de la muestra de relave. ....	37
3.1.4 Análisis químico del Relave Minero. ....	51
3.1.5 Propiedades físicas del ladrillo Elaborado .....	54
3.1.6 Propiedades mecánicas del ladrillo Producido. ....	63
3.1.7 Viabilidad del Proyecto. ....	69
<b>3.2 Presentación e interpretación de resultados.....</b>	<b>79</b>
3.2.1 Propiedades físicas del relave minero. ....	80
3.2.2 Clasificación según SUCS y AASTHO .....	82
3.2.3 Propiedades químicas del Relave Minero.....	88
3.2.4 Propiedades físicas del ladrillo Elaborado .....	89
3.2.5 Propiedades mecanicas del ladrillo Elaborado .....	94
3.2.6 Costos de producción de ladrillos. ....	98
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>101</b>
<b>4.1 Discusión de resultados.....</b>	<b>101</b>
<b>4.2 Contrastación de hipótesis general.....</b>	<b>110</b>
<b>4.3 Contrastación de hipótesis específica .....</b>	<b>110</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>112</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>114</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. ....</b>	<b>115</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>117</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla I: Cantidad de ladrillos a elaborar.....	29
Tabla II: Composición química del cemento.....	36
Tabla III: Cálculo de Peso específico del relave minero.....	38
Tabla IV: Calculo de peso unitario suelto (gr/cm3).....	38
Tabla V: Calculo del peso unitario compactado (gr. /cm3).....	39
Tabla VI: Contenido de humedad de suelo natural.....	39
Tabla VII: Peso unitario compactado (gr/cm3).....	40
Tabla VIII: Grado de cementación.....	40
Tabla IX: Análisis granulométrico por tamizado (M-01).....	42
Tabla X: Análisis granulométrico por tamizado (M-02).....	43
Tabla XI: Análisis granulométrico por tamizado (M-03).....	44
Tabla XII: Granulometría de Arena.....	45
Tabla XIII: Granulometría de Relave:80 Arena:20.....	46
Tabla XIV: Granulometría de Relave:70 Arena:30.....	46
Tabla XV: Granulometría de Relave:60 Arena:40.....	47
Tabla XVI: Limite Líquido % (M-01).....	49
Tabla XVII: Limite Plástico % (M-01).....	49
Tabla XVIII: Limite líquido % (M-02).....	49
Tabla XIX: Limite plástico % (M-02).....	50
Tabla XX: Limite líquido % (M-03).....	50
Tabla XXI: Limite plástico % (M-03).....	51
Tabla XXII: Test Balance Acido-Base (ABA) del relave minero.....	51
Tabla XXIII: Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicos.....	52
Tabla XXIV: Procedimiento de lixiviación característica de toxicidad (TCLP)-Relave.....	53
Tabla XXV: Densidad de ladrillo R:80 A:20 NORMA NTP - 399.613 – 2005.....	55
Tabla XXVI: Densidad de ladrillo R:70 A:30 NORMA NTP - 399.613 – 2005.....	55
Tabla XXVII: Densidad de ladrillo R:60 A:40 NORMA NTP - 399.613 – 2005.....	56
Tabla XXVIII: Absorción de ladrillos R:80 A:20 - NORMA NTP - 399.613 – 2005.....	56
Tabla XXIX: Absorción máxima de ladrillos R:80 A:20 - NORMA NTP - 399.613 – 2005.....	56
Tabla XXX: Absorción de ladrillos R:70 A:30 - NORMA NTP - 399.613 – 2005.....	56
Tabla XXXI: Absorción máxima de ladrillos R:70 A:30 - NORMA NTP - 399.613 – 2005.....	57
Tabla XXXII: Absorción de ladrillos R:60 A:40 - NORMA NTP - 399.613 – 2005.....	57
Tabla XXXIII: Absorción máxima de ladrillos R:60 A:40 - NORMA NTP - 399.613 – 2005..	57
Tabla XXXIV: Succión de ladrillos R:80 A:20 - NORMA NTP - 399.613 – 2005.....	58
Tabla XXXV: Succión de ladrillos R:70 A:30 - NORMA NTP - 399.613 – 2005.....	58

Tabla XXXVI: Succión de ladrillos R:60 A:40 – NORMA NTP – 399.613 – 2005.....	59
Tabla XXXVII: Ensayo de dimensionamiento R:80 A:20 - NORMA NTP - 399.613 - 2005 ...	59
Tabla XXXVIII: Ensayo de dimensionamiento R:70 A:30 – NORMA NTP – 399.613 – 2005	60
Tabla XXXIX: Ensayo de dimensionamiento R:60 A:40 - NORMA NTP - 399.613 – 2005 ....	60
Tabla XL: Ensayo de alabeo R:80 A:20 -NORMA NTP-399.613-2005 .....	61
Tabla XLI: Ensayo de alabeo R:70 A:30 -NORMA NTP-399.613-2005 .....	62
Tabla XLII: Ensayo de alabeo R:60 A:40 -NORMA NTP-399.613-2005.....	62
Tabla XLIII: Eflorescencia del ladrillo R:80 A:20- NORMA NTP - 399.613 - 2005 .....	63
Tabla XLIV: Eflorescencia del ladrillo R:70 A:30 - NORMA NTP - 399.613 – 2005 .....	63
Tabla XLV: Eflorescencia ladrillo R:60 A:40 - NORMA NTP - 399.613 - 2005 .....	63
Tabla XLVI: Compresión individual de ladrillo R:80 A:20 - NORMA NTP - 399.613 – 2005	65
Tabla XLVII: Compresión individual de ladrillo R:70 A:30 – NORMA NTP – 399.613 – 2005 .....	65
Tabla XLVIII: Compresión individual de ladrillo R:60 A:40 - NORMA NTP - 399.613 – 2005 .....	65
Tabla XLIX: Factor de corrección de f´m por esbeltez .....	66
Tabla L: Compresión en pila R:80 A:20 - NORMA NTP - 399.613 – 2005 .....	67
Tabla LI: Compresión en pila R:70 A:30 – NORMA NTP – 399.613 – 2005 .....	67
Tabla LII: Compresión en pila R:60 A:40 - NORMA NTP - 399.613 – 2005 .....	67
Tabla LIII: Procedimiento de lixiviación característica de toxicidad (TCLP)-Ladrillos .....	68
Tabla LIV: Precio Comercial de 1 millar de ladrillo en el C.P. Relave.....	69
Tabla LV: Análisis de precios unitario – Partidas típicas. ....	70
Tabla LVI: Análisis de precios unitario –Preparación de mezcla con relave:80 Arena:20.....	72
Tabla LVII: Análisis de precios unitario –Preparación de mezcla con Relave:70 Arena:30. ....	73
Tabla LVIII: Análisis de precios unitario –Preparación de mezcla con Relave:60 Arena:40.....	73
Tabla LIX: Análisis de Kit de Implementos de Seguridad. ....	74
Tabla LX: Análisis de Kit de implementos Sanitarios.....	74
Tabla LXI: Análisis de Costos indirectos. ....	74
Tabla LXII: Presupuesto para 1 millar de ladrillo (R: 80 A: 20) .....	75
Tabla LXIII: Presupuesto para 1 millar de ladrillo (R:70 A:30).....	76
Tabla LXIV: Presupuesto para 1 millar de ladrillo (R:60 A:40).....	76
Tabla LXV: Cálculo del Peso específico Promedio del relave minero. ....	80
Tabla LXVI: Cálculo del Peso Unitario Suelto Promedio del relave minero. ....	81
Tabla LXVII: Cálculo del Peso Unitario Compactado Promedio del relave minero. ....	81
Tabla LXVIII: Clasificación de Suelos AASTHO (M-01) .....	84
Tabla LXIX: Clasificación de Suelos AASTHO (M-02).....	86
Tabla LXX: Clasificación de Suelos AASTHO (M-03) .....	87

Tabla LXXI: Agentes químicos existentes en Relave VS Límites Permisibles-MINAN.....	88
Tabla LXXII: Densidad promedio de ladrillo dosificación R: 80 A: 20.....	89
Tabla LXXIII: Densidad promedio de ladrillo dosificación R: 70 A: 30 .....	89
Tabla LXXIV: Densidad promedio de ladrillo dosificación R: 70 A: 30 .....	90
Tabla LXXV: Calculo del coeficiente de Saturación en los ladrillos .....	90
Tabla LXXVI: Succión Promedio de ladrillos - NORMA NTP - 399.613 – 2005.....	91
Tabla LXXVII: Alabeo de ladrillos R:80 A:20.....	93
Tabla LXXVIII: Alabeo de ladrillos R:70 A:30 .....	93
Tabla LXXIX: Alabeo de ladrillos R:60 A:40.....	94
Tabla LXXX: Compresión de final de ladrillo R:80 A:20.....	94
Tabla LXXXI: Compresión final del ladrillo R:70 A:30 .....	95
Tabla LXXXII: Compresión final del ladrillo R:60 A:40.....	96
Tabla LXXXIII: Resistencia a la compresión en pila final R:80 A:20. ....	96
Tabla LXXXIV: Resistencia a la compresión en pila final R:70 A:30.....	96
Tabla LXXXV: Resistencia a la compresión en pila final R:60 A:40 .....	97
Tabla LXXXVI: Resumen análisis químico del ladrillo VS Límite máximo Permisible MINAN .....	97
Tabla LXXXVII: Precio comercial y utilidades según tipo de 01 millar de ladrillos.....	98
Tabla LXXXVIII: Precio Comercial VS Precio de Ladrillos con Relave-01 millar.....	98
Tabla LXXXIX: Lista de Recursos para 1 millar de ladrillo (R:80 A:20).....	99
Tabla XC: Lista de Recursos para 1 millar de ladrillo (R:70 A:30).....	100
Tabla XCI: Lista de Recursos para 1 millar de ladrillo (R:60 A:40) .....	100
Tabla XCII: Clase de unidad de Albañilería para fines estructurales .....	101
Tabla XCIII: Resistencias características de la albañilería Mpa (Kg/cm <sup>2</sup> ) .....	101
Tabla XCIV: Resumen de las Propiedades Físicas del Relave Minero. ....	103
Tabla XCV: Resumen de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Unidades de Albañilería ....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista Satelital del centro Poblado.....	18
Figura 2: Ubicación del Centro Poblado “Relave” .....	18
Figura 3: Depósitos de Relave, en el centro Poblado De Relave .....	19
Figura 4: Relavera PAM, Minera Nueva Visión.....	25
Figura 5: Cuarteo de la Muestra.....	26
Figura 6: Grumos típicos en el relave minero.....	29
Figura 7: Mezcla Final de Relave .....	31
Figura 8: Molde o Gravera para la Elaboración de Ladrillos.....	32
Figura 9: Elaboración de los ladrillos de Relave Minero.....	32
Figura 10: Secado a temperatura ambiente de ladrillo elaborado con Relave. ....	33
Figura 11: Secado de ladrillo elaborado con Relave.....	34
Figura 12: Quemado de ladrillos en Horno.....	35
Figura 13: Extracción de ladrillos de Horno .....	35
Figura 14: Ladrillo elaborado y quemado con Relave, Arena, Cemento y Cal. ....	36
Figura 15: Picnómetro de vidrio. ....	37
Figura 16: Observación del Grado de cementación .....	40
Figura 17: Método de lavado-granulometría.....	41
Figura 18: Ensayo de granulometría. ....	41
Figura 19: Análisis Granulométrico por Tamizado (M-01) .....	42
Figura 20: Análisis Granulométrico por Tamizado (M-02) .....	43
Figura 21: Análisis Granulométrico por Tamizado (M-03) .....	44
Figura 22: Granulometría de Arena Fina-Huso Granulométrico ASTM C33.....	45
Figura 23: Granulometría de muestra Relave: 80 Arena:20 .....	46
Figura 24: Granulometría de muestra Relave:70 Arena:30 .....	47
Figura 25: Granulometría de muestra Relave:60 Arena:40 .....	47
Figura 26: Ensayo de límite líquido por el método de Casagrande.....	48
Figura 27: Determinación del límite líquido en laboratorio.....	48
Figura 28: Secado en Horno.....	48
Figura 29: Determinación del Limite Liquido (M-01).....	49
Figura 30: Determinación del Limite Liquido (M-02).....	50
Figura 31: Determinación del Limite Liquido (3).....	50
Figura 32: Calculo del volumen del bloque en la balanza de Flotabilidad .....	55
Figura 33: Ensayo de Succión de Ladrillos.....	58
Figura 34: Ensayo de Albeo de ladrillos .....	61
Figura 35: Rotura de Ladrillo Dosificación: R: 80 A: 20 .....	64
Figura 36: Rotura de Ladrillo Dosificación: R:70 A:30 .....	64

Figura 37: Rotura de Ladrillo Dosificación: R:60 A:40 .....	64
Figura 38: Ensayo de Compresión en Pilas R:80 A:20.....	66
Figura 39: Resultados de Cuestionario N°11 .....	79
Figura 40: Resultados de Cuestionario N°15.....	80
Figura 41: Resultados de Cuestionario N°17.....	80
Figura 42: Peso Específico Promedio del relave minero .....	81
Figura 43: Peso Unitario Suelto Promedio del relave minero.....	81
Figura 44: Peso Unitario Compactado Promedio del relave minero.....	82
Figura 45: Clasificación de Suelo Por SUCS (M-01) .....	83
Figura 46: Clasificación de Suelo Por SUCS (M-02) .....	85
Figura 47: Clasificación de Suelo Por SUCS (M-03) .....	86
Figura 48: Densidad promedio de ladrillo dosificación R: 80 A: 20 .....	89
Figura 49: Densidad promedio de ladrillo dosificación R: 70 A: 30 .....	90
Figura 50: Densidad promedio de ladrillo dosificación R: 70 A: 30 .....	90
Figura 51: Resistencia a la Compresión Individual (R:80 A:20) .....	94
Figura 52: Resistencia a la Compresión Individual (R:70 A:30) .....	95
Figura 53: Resistencia a la Compresión Individual (R:60 A:40) .....	95
Figura 54: Precio de Producción según tipo de 01 millar de ladrillos .....	98
Figura 55: Precio de Comercial según tipo de 01 millar de ladrillos .....	99
Figura 56: Peso Unitario Suelto del Relave Minero .....	102
Figura 57: Peso Unitario Compacto del Relave Minero .....	102
Figura 58: Peso Específico del Relave Minero .....	102
Figura 59: Escala del PH, Ondarse Álvarez (2021) .....	104
Figura 60: Densidad de Ladrillo R:80 A:20.....	104
Figura 61: Densidad de Ladrillo R:70 A:30.....	105
Figura 62: Densidad de Ladrillo R:60 A:40.....	105
Figura 63: Densidad de Ladrillo para diversas dosificaciones.....	105
Figura 64: Absorción de Ladrillo para diversas dosificaciones.....	106
Figura 65: Saturación de Ladrillo para diversas dosificaciones.....	106
Figura 66: Variabilidad dimensional (R: 80 A:20) .....	107
Figura 67: Variabilidad dimensional (R:70 A:30) .....	107
Figura 68: Variabilidad dimensional (R:60 A:40) .....	108
Figura 69: Resistencia a la Compresión Individual Final $f'_b$ (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	108
Figura 70: Resistencia a la Compresión en Pila $f'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	109

## RESUMEN

El relave de las minas del distrito de Pullo, se deben a la explotación de minerales Auríferos, producto de la extracción de metales, tales como el oro, plata y cobre, por lo que se cuenta un conjunto de métodos para extraer los metales, estos métodos emplean agentes químicos como el cianuro, el mercurio, la sosa caustica, que contaminan el medio ambiente; este problema no solo se observa en el centro poblado de Relave-Pullo, sino también en otros lugares del Perú, que se dedican a esta actividad.

En los distintos métodos de extracción del oro, se pulveriza los minerales mediante molinos de bolas, de tal forma que las partículas, llegan a ser tan finas, lo cual hace que éstos materiales podrían ser empleados para la elaboración de unidades de ladrillo, por ello se tiene la necesidad de verificar las características físicas del relave tales como el grado de cementación, el peso específico, la porosidad, la plasticidad, la granulometría y luego, también es necesario verificar las características físicas y mecánicas de cada uno de estos ladrillos artesanales.

Esta investigación tiene como objetivo general determinar la eficacia de las propiedades físicas del relave minero para optimizar los ladrillos King-Kong en el distrito de Pullo-Ayacucho, para ello empleó el enfoque cuantitativo, con un diseño cuasi-experimental. La población estuvo compuesta por el conjunto de depósitos de relave minero del distrito de pullo, mientras tanto la muestra estuvo compuesta por 97 kg de relave minero y 18 ladrillos elaborados con relave minero, a quienes se le sometió a diversos ensayos de laboratorio con el fin de evaluar las propiedades físicas del relave y asimismo evaluar la calidad del ladrillo obtenido.

Se determinó que las características físicas del relave de las minas de Pullo, cumplen con los requisitos mínimos para la fabricación de unidades de albañilería, asimismo se vio que es necesario mejorar la granulometría para obtener ladrillos en conformidad a los requerimientos de la norma pues en la investigación se pudo observar que empleando 80% de relave y 20% de arena, permite obtener un  $f'_{b}=64.31 \text{ kg/cm}^2$ , superando en 16.93% a la resistencia mínima ( $f'_{b \text{ min}}$ ) a la compresión para ladrillos artesanales, asimismo empleando 70% de relave y 30% de arena, permite obtener un  $f'_{b}=70.02 \text{ kg/cm}^2$ , superando en 27.31% a la resistencia de compresión mínima en ladrillos artesanales y además se pudo verificar que empleando 60% de relave y 40% de arena, nos permite obtener  $f'_{b}=59.06 \text{ kg/cm}^2$ , superando en 7.38 % a la resistencia mínima ( $f'_{b \text{ min}}$ ) a la compresión para ladrillos artesanales.

Palabras clave: minería sostenible, ladrillo de relave minero, materiales innovadores.

## ABSTRACT

The tailings of the mines of the Pullo district are due to the exploitation of gold-bearing minerals, the product of the extraction of metals, such as gold, silver and copper, for which a set of methods to extract the metals is counted, these methods they use chemical agents such as cyanide, mercury, caustic soda, which pollute the environment; This problem is not only observed in the Relave-Pullo populated center, but also in other places in Peru that are dedicated to this activity.

In the different methods of gold extraction, the minerals are pulverized by means of ball mills, in such a way that the particles become so fine, which means that these materials could be used for the production of brick units, for this reason they are has the need to verify the physical characteristics of the tailings such as the degree of cementation, the specific weight, the porosity, the plasticity, the granulometry and then, it is also necessary to verify the physical and mechanical behavior of each one of these handmade bricks.

The general objective of this research is to determine the effectiveness of the physical properties of the mine tailings to optimize the King-Kong artisanal brick in the Pullo-Ayacucho district, for which the quantitative approach was used, with a quasi-experimental design. The population was made up of the set of mining tailings deposits from the Pullo district, while the sample consisted of 97 kg of mining tailings and 18 bricks made from mining tailings, which were subjected to various laboratory tests with the purpose of to evaluate the physical properties of the tailings and also evaluate the quality of the brick obtained.

It was determined that the physical characteristics of the tailings from the Pullo mines meet the minimum requirements for the manufacture of masonry units, it was also seen that it is necessary to improve the granulometry to obtain bricks that meet the requirements of the standard, since in the In the investigation, it was possible to observe that using 80% tailings and 20% sand, it allows obtaining a  $f'_b=64.31 \text{ kg/cm}^2$ , exceeding the minimum resistance ( $f'_b \text{ min}$ ) to compression for artisanal bricks by 16.93%, as well Using 70% tailings and 30% sand, it allows obtaining a  $f'_b=70.02 \text{ kg/cm}^2$ , exceeding the minimum compression resistance in artisanal bricks by 27.31% and it was also possible to verify that using 60% tailings and 40% of sand, allows us to obtain  $f'_b=59.06 \text{ kg/cm}^2$ , exceeding the minimum resistance ( $f'_b \text{ min}$ ) to compression for artisanal bricks by 7.38%.

Keywords: sustainable mining, mine tailing brick, innovative materials.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la contaminación provocada por la minería en el Perú, es un tema muy polémico. Diversos proyectos mineros no son aprobados por la población debido a que genera contaminación ambiental que altera la forma de vida de los todos los seres vivos.

Debido al movimiento de tierras de manera masiva que demanda la extracción de metales, se producen relaves mineros en grandes cantidades que finalmente terminan siendo Pasivos Ambientales Mineros (PAM). En el año 2016 el MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS pudo determinar que en el Perú existe un total de 8854 PAM, donde el 1.03 % está en reaprovechamiento, el 14.78% está actualmente cuenta con herramientas de Gestión Ambiental aprobado, el 7.58% están encargados para su pronta remediación y el 76.61% está registrado como pendientes de gestión, estas cifras muestran que la mayoría de los pasivos ambientales mineros del Perú, aún no tienen planes de mitigación.

El relave minero, contiene metales pesados como el mercurio, plomo, arsénico, cobre y otros, producto a que fueron sometidos a distintos métodos empleados para la extracción de los metales. Por otra parte, la minería artesanal, la minería informal e ilegal producen relaves de manera incontrolada y que provocan mayores daños medioambientales.

En el Anexo “Relave” del distrito de Pullo, se puede apreciar en gran medida que existe la minería artesanal, pero también hay plantas de procesamiento pertenecientes a empresas desde pequeñas, medianas y grandes, aproximadamente hay un total de 50 Plantas mineras, cada planta produce aproximadamente 1100 ton/mes de Relave, lo cual dá un aproximado de 55000 ton/mes. Adicionalmente, los pueblos vecinos como Mollehuaca, Tocota, Chala, producen gran cantidad de Relaves mineros sin tener planes de mitigación para cierre de minas, por tanto, están acumulando más y más este desperdicio.

Dado que existe gran producción de relaves mineros, se desea emplear éstos en la elaboración de unidades de albañilería King Kong y evaluar las cualidades de los ladrillos elaborados, como la resistencia a la compresión y variabilidad dimensional, para ello es necesario determinar las propiedades físicas del relave como la porosidad, el peso específico, el grado de cementación y así determinar su influencia en la calidad del ladrillo final.

Diversos investigadores, sugieren que el relave de las minas se pueda emplear como materia prima para la elaboración de materiales de construcción, por lo que surge la necesidad de determinar la eficacia de los relaves mineros para la elaboración de materiales de construcción, puesto que aún se desconoce la calidad de los ladrillos desde el punto de vista físico y mecánico para el diseño y construcción de obras de Ingeniería Civil en base a estos materiales.

El centro poblado de Relave, al tener la necesidad de construir sus viviendas de material noble, tienen que realizar compras del ladrillo de ciudades como Nazca, Arequipa, Ica o Lima, debido a que no existe una ladrillera en la zona cercana, y por la dificultad de encontrar arcilla en

abundancia. Esta condición incrementa el costo, de los materiales insitu debido a diversos factores como el flete adicional, perjudicando la economía de los pobladores, por ello se tiene la necesidad de verificar la eficacia de las propiedades físicas del relave minero en la calidad de los ladrillos y evaluar la funcionalidad de la misma para poder contribuir favorablemente a los pobladores del distrito de Pullo, adicionalmente es bueno resaltar que los pobladores no tienen los conocimientos suficientes sobre métodos de aprovechamiento de los relaves, no tienen la idea de cómo producir ladrillos en base al Relave minero, no cuentan con planes de contingencia sobre los pasivos ambientales que generan, no existen planes de reciclaje de relaves mineros, se desconoce las bondades del relave minero para la elaboración de distintos materiales de construcción y se desconoce la calidad de los ladrillos elaborados en base a éstos.

### **1.1 Antecedentes del problema de investigación**

El relave proveniente de las minas del Centro Poblado “Relave”, como las minas Teniente, Capitana, San Juan y otras cercanas, pasa por procedimientos químicos para la extracción del oro. Como la amalgamación y la lixiviación, por ello los relaves tienen altos contenidos de Mercurio, Plomo, Cobre, Cianuro y Arsénico el cual es un contaminante agresivo para los seres vivos.

Actualmente en el Perú, se están implementando metodologías en el rehúso de estos desechos para el área de materiales en la construcción civil, sin embargo, se desconoce aún a profundidad las calidades físicas y mecánicas de los materiales obtenidos, por ello es bueno citar los aportes de algunos investigadores.

En lugares que no se cuenta con arcilla disponible, no es posible fabricar ladrillos, es preferible adquirir estos materiales de otros lugares muchas veces lejanos, por lo que el costo de los materiales de construcción se incrementan, asimismo por desconocimiento o por falta de investigación, muchas veces no se recurre a otras alternativas de acuerdo a los materiales propios disponibles del lugar, este fenómeno ocurre comúnmente en el centro poblado Relave, distrito de Pullo, donde no se cuentan con canteras que tengan arcillas disponibles y por ello surge la necesidad de evaluar las bondades de las propiedades físicas del relave minero para optimizar las calidades de los ladrillos artesanales; asimismo verificar las características físicas, mecánicas y de variación de dimensiones de los ladrillos elaborados con relave de las minas.

#### **1.1.1 Antecedentes a nivel internacional**

En 2008, J. Vite [1], buscó identificar y evaluar los elementos así como las posibles estructuras componentes de los residuos, con el propósito de obtener los criterios de propiedades físicas y químicas de los mismos, para determinar, evaluar y caracterizar los materiales obtenidos con el tratamiento desarrollado en el laboratorio, empleando diversas normativas nacionales e internacionales, para ello se tomó una muestra de 42 kg de Residuos mineros, a quienes se aplicó la fluorescencia de rayos X, por lo

que se determinó que los materiales de construcción se triplican respecto a la resistencia a la ruptura, comparados en base a ladrillos convencionales, además, determinó que el porcentaje de absorción de humedad de estos materiales es menor cerca de 17.1% , y finalmente desarrolló un procedimiento para a eliminar el cianuro por medio de columnas termostalizadas.

En 2019, M. Loyola y J. Valencia [2], buscó obtener una especie de bloques de construcción cuya materia prima sea relave de las minas, desecho de obras de construcción civil y asimismo cemento portland que permita construir viviendas sociales, para ello empleó el enfoque mixto, es decir cuantitativo y cualitativo, con un diseño experimental. La población estuvo compuesta por cada persona que labora en sus negocios que fabrican bloques y las distribuyen, mientras tanto la muestra estuvo compuesta por 260 fábricas artesanales o modernas y distribuidores de bloques en la ciudad de Guayaquil, quienes utilizaron una herramienta diseñada pensando en las variables de investigación, que consta de 12 preguntas con opciones de respuesta ordinales tipo Likert para variables categóricas, lograron producir bloques con categoría C, que no sean tóxicos para la salud humana de acuerdo con la normativa ecuatoriana de construcción, los cuales son empleados para el aliviamiento de losas, sin embargo, resaltan que el bloque generado presenta un elevado porcentaje de absorción, lo cual puede ser perjudicial al momento de la construcción de edificaciones , se realizó también un análisis químico al material elaborado, en el cual el laboratorio menciona que el uso relave en los bloques no es perjudicial para las personas o seres vivos. Los riegos contaminantes, normalmente se producen en época de lluvias cuando las relaveras no están bien estructuradas, pues las lluvias tienden a lacar los relaves

### **1.1.2 Antecedentes a nivel nacional**

En 2010, G. Anicama [3], buscó un grupo de 3 muestras de los relaves para probar experimentalmente la posibilidad de su uso en concreto y también para proponer el uso de concreto que se puede usar en pueblos cercanos a la minería. Para ello utilizó un enfoque cuantitativo con un diseño de experimento. La población estuvo constituida por relaves mineros mientras que la muestra consta de 03 muestras, productos de los siguientes tipos de actividades productivas: oro, cobre; Plomo, zinc, plata y oro, plata a la que se le aplicaron métodos de caracterización física y química en su investigación, encontró que los relaves no contribuyen significativamente al contenido de aire de la mezcla de concreto , los relaves en relación con el concreto no cambian drásticamente con el asentamiento del concreto , los relaves seleccionados presentaron propiedades químicas cumpliendo la norma NTP 400.037

para todas las sales solubles y sulfatos solubles , el concreto elaborado con relaves al 10%, tiene propiedades de resistencia muy similares que a los concretos convencionales , emplear 2% de relave minero en vez de cemento, no compromete la resistencia a la compresión, adicionar relave en cantidades menores a 5% no afectan las características físicas de los concretos convencionales , adicionar relaves en cantidades superiores al 15% afecta negativamente y reduce las propiedades de resistencia del concreto convencional .

En 2010, A. Romero y S. Flores [4], buscaron rehusar el relave minero como agregados para la elaboración de ladrillos, para ello empleó el enfoque cualitativo, con diseño de carácter experimental. La población estuvo compuesta por el relave de la Relavera de Ticapampa, mediante el método de fijación y micro encapsulación se logró estabilizar a los metales contaminantes, anulando el proceso natural de migración de los metales pesados hacia el medio físico.

En 2016, J. Quichca [5], buscó una dosificación de diseño apropiada, para obtener un concreto  $f'c=175\text{Kg/cm}^2$ , para ello empleó el enfoque cuantitativo, con un diseño pre experimental. La muestra estaba compuesta por 30 kilogramos de relave minero, a quienes se les sometió a análisis físico y mecánicos a través de equipos de laboratorio , adicionando relave minero en la metodología de diseño de mezcla para un tipo de concreto de resistencia típica  $f'c=175\text{kg/cm}^2$ , se logra producir 1.00 m<sup>3</sup> de concreto con 08 bolsas de cemento alcanzando una resistencia de 187 kg/cm<sup>2</sup> equivalente al 107%, asimismo incorporando relave y empleando 7.90 bolsas de cemento, se logra obtener 1.00 m<sup>3</sup> de concreto de resistencia  $f'c$  equivalente a 177 kg/cm<sup>2</sup> equivalente al 101 % , según un estudio sobre la composición de la mezcla, la adición de relaves optimiza el uso de agregado fino en un 50% que equivale a S/19,5/m<sup>3</sup> de concreto ,se llegó a determinar que el relave de minas también se pueden emplear en acabados y en el asentamiento de muros de ladrillo para los cuales recomienda emplear las siguientes proporciones 1:1, 3:1, 2:1, de acuerdo a los análisis de relave .

En 2017, J. Soto [6], buscó producir adoquines cerámicos, utilizando puzolanas, aserrín y relave, para ello empleó el enfoque mixto, es decir cualitativo y cuantitativo, con un diseño experimental. La población de estudio fue el relave de la mina Ticapampa , mientras tanto se obtuvieron 42 muestra compuestas por 1 kg de relave minero, a quienes a través de diversas herramientas tales como fichas de observación, fotografías, plantillas de muestreo de suelos, y otros , logró estabilizar

y neutralizar los sulfuros y metales pesados presente en los relaves, mediante el empleo y mezcla de los aglomerantes y aditivos , demostró que los adoquines en base a relaves mineros no generan drenaje ácido, además se determinó que con una proporción puzolanas, aserrín y relave equivalente al 0,80% óxido de calcio, 40% cemento, 5% arcilla, 28,56% cuarzo granular de 1/8 de pulgada, 0,64% aserrín y 25% relaves, se logra que los adoquines no presenten fisuras, tienen acabados lisos, rugosos; y en parte de la base hay una superficie ligeramente permeable. También la resistencia y confiabilidad estructural, fue alta en comparación con otros adoquines con 25% de relave, equivalente a 400 gr de relave, se logró obtener un adoquín de 1600gr de peso.

En 2017, D. Milla [7], buscó determinar las propiedades mecánicas de un adobe, empleando el 10%, 20% y 30% de relave minero en la ciudad de Huaraz, para ello empleó el enfoque cuantitativo, con un diseño experimental , las propiedades químicas del relave minero son extremadamente ácido y está compuesto por un 87.08% de óxido de silicio , la compresión del adobe estándar es de 15,52 kg/cm<sup>2</sup>, y cuando se reemplaza el 10 % de relave, se puede ver que el valor resistente al esfuerzo de compresión aumenta a 21,87 kg/cm<sup>2</sup>; incluso sustituyendo el 20% de relave a los 28 días se observa que la resistencia a la compresión se incrementa hasta 24,61 kg/cm<sup>2</sup>, y también con la sustitución del 30% de relave aumenta de la resistencia a la compresión hasta 29,33 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto dados estos resultados se puede inferir que incluir relave minero mejora el soporte a la compresión del adobe estabilizado .

En 2019, F. Cárdenas [8], buscó determinar la cantidad de adición de relave minero, que actúe como finos para la elaboración de ladrillos, que satisfaga las propiedades físicas y mecánicas, asimismo que sean factibles económica y ambientalmente, para ello empleó el enfoque mixto, con un diseño experimental. La muestra estuvo compuesta de relave de la minera mercedes 3, en base a 3 tipos de dosificaciones, la primera dosificación dio un valor de compresión de 75 kg/cm<sup>2</sup>; la segunda dosificación dio una resistencia de 112 kg/cm<sup>2</sup> por compresión, dado esto queda demostrado que emplear relave como agregado cumple NTP 399.602, así mismo se realizó el ensayo de lixiviación de metales por el método ACI, observando una variación positiva, pues se observó que el contenido de los metales está por debajo en comparación de los analizados en un inicio, confirmando de ésta manera que el cemento actúa como geo polímero envolviendo los metales pesados existentes. De manera independiente de acuerdo a las condiciones a las que se enfrenta el bloque

de concreto, no causa ningún problema de salud o ambiental, y el costo del bloque de concreto se calcula y compara con el costo comercial. La diferencia es del 12%, lo que reduce el costo del concreto.

### **1.1.3 Antecedentes a nivel local**

En 2015, J. Ángeles [9], buscó describir el papel de la gestión del riesgo de relaves en la reducción de la contaminación en la Minera Laytaruma S.A. de la región Ayacucho, para lo cual utilizó un enfoque cualitativo con diseño no experimental. La población estuvo conformada por 93 obreros calificados, técnicos y obreros de la empresa minera Laytaruma S.A., mientras que la muestra estuvo conformada por 75 obreros calificados, técnicos y obreros de la empresa minera Laytaruma S.A. existieron a los que se aplicaron diferentes fichas de recogida de datos ; la gestión del riesgo de relaves a través de la prevención, control y mitigación de riesgos tiene un impacto positivo en la reducción de la contaminación en Compañía Minera Laytaruma S.A., el control de riesgos de la gestión de riesgos del relave incide positivamente en la reducción de la contaminación ambiental.

En 2018, H. Auccasi [10], buscó calcular la dosificación de la mezcla para concreto de resistencia  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  con adición de residuos mineros para transporte ligero, para ello empleó el enfoque cuantitativo, con un diseño experimental prospectivo. La muestra estuvo compuesta por relave minero de la Relavera Amanda taca-Canaria-P Víctor Fajardo, a quienes se aplicó ensayos de laboratorio, se logró el uso de 8.0 sacos de cemento en 1.00 m<sup>3</sup> de concreto, lográndose una resistencia a compresión de 179.69 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, que es 102.68%. Si a la mezcla resultante le agregas relaves mineros, utiliza 7.6 sacos de cemento por 1.00 m<sup>3</sup> de concreto y logra una resistencia a la compresión de 173.95 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, que es 99.40%, de acuerdo al estudio de mezcla utilizado, la adición de jales optimiza el uso de agregado fino (arena gruesa) en un porcentaje del 25%, que es de S/. 15,00 sales nuevas por metro cúbico de hormigón, las pilas de relaves de la mina se pueden usar para la decoración y el asentamiento de paredes de ladrillo de acuerdo con el análisis de las pilas de relaves en proporciones de 1:1, 3:1, 2:1.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

- ¿En qué medida influyen las propiedades físicas del relave minero para optimizar el ladrillo artesanal king-kong, en el distrito de pullo-Ayacucho?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿En qué medida influye el peso específico del relave minero en la optimización del ladrillo artesanal King Kong en el distrito de Pullo-Ayacucho?

- ¿En qué medida influye el grado de cementación del relave minero en la optimización del ladrillo artesanal King Kong en el distrito de Pullo-Ayacucho?
- ¿En qué medida influye la porosidad del relave minero en la optimización del ladrillo King Kong en el distrito de Pullo-Ayacucho?

### 1.3 Delimitación de la investigación

#### 1.3.1 Espacial

El estudio se realizará con los depósitos mineros del Centro Poblado de Relave, distrito de Pullo, las muestras se obtendrán de la Relavera nueva visión, sin embargo, es bueno aclarar que la investigación también es válido para las poblaciones aledañas como el Distrito de Huanuhuanu, Centro poblado de Mollehuaca, Distrito de Chala, quienes extraen minerales con características similares y también emplean métodos semejantes de procesamiento de minerales; por ello el estudio, puede beneficiar al espacio que ocupan los lugares mencionados.



Figura 1: Vista Satelital del centro Poblado

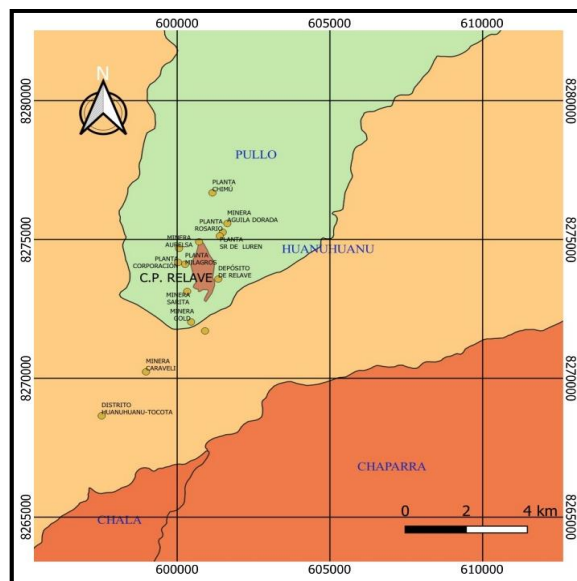


Figura 2: Ubicación del Centro Poblado “Relave”



Figura 3: Depósitos de Relave, en el centro Poblado De Relave

### **1.3.2 Temporal**

La investigación se realizará durante el año 2021, en los cuales comprende las etapas de recolección de datos, muestreo en campo, análisis físico y químico en laboratorios, tanto del relave minero y de los ladrillos fabricados, sin embargo, esta investigación a nivel temporal servirá como fuente de información para investigaciones en años sub siguientes o posteriores.

### **1.3.3 Social**

La investigación tendrá como beneficiarios directos a los pobladores del centro poblado de Relave, distrito de Pullo, quienes gracias a este aporte de conocimiento podrán conocer las bondades físicas del relave para la elaboración de ladrillos, así como también las bondades físicas, mecánicas y de variación dimensional de los ladrillos obtenidos, pues en base a esta investigación podrán tomar decisiones para la fabricación de ladrillos. Tengamos presente también que las poblaciones aledañas que cuentan con relaves de características similares, también serán los beneficiados directos, tales como los pobladores de Mollehuaca, Huanuhuanu, Chala.

Los beneficiarios indirectos son todas las poblaciones peruanas y extranjeras que sufren la problemática de la contaminación del medio ambiente a causa de los relaves mineros y desconocen las bondades del relave minero para aplicarlos como un material alternativo en la elaboración de unidades de albañilería para la construcción.

### **1.3.4 Conceptual**

Los conceptos obtenidos serán los resultados de investigación en laboratorio y en base a las normas vigentes en cuanto a la calidad de la albañilería que establece el RNE E 0.70. Los conceptos se limitan a determinar las bondades de las propiedades

físicas del relave minero como materia prima para el empleo en la optimización de la calidad de los ladrillos desde el punto de vista geométrico, físico y mecánico.

Como el relave minero es un material considerado como contaminante debido a los agentes químicos empleados a lo largo del procedimiento para la separación de los metales de los minerales; en esta investigación no se determinará metodologías eficientes para garantizar la inocuidad del ladrillo desde el punto de vista químico pues solo se evaluará el comportamiento químico para realizar las recomendaciones correspondientes debido a que ésta investigación se enfoca en evaluar las características físicas del relave minero y además evaluar las características físicas y mecánicas de los ladrillo producidos en base al relave minero.

#### **1.4 Hipótesis de Investigación.**

##### **1.4.1 Hipótesis general**

- Las propiedades físicas del relave minero influyen en la optimización del ladrillo artesanal King Kong en el distrito de Pullo, Ayacucho.

##### **1.4.2 Hipótesis específica**

- El peso específico del relave minero influye en la optimización del ladrillo artesanal King Kong en el distrito de Pullo-Ayacucho.
- El grado de Cementación del relave minero influye en la optimización del ladrillo artesanal King Kong en el distrito de Pullo-Ayacucho.
- La porosidad del relave minero influye en la optimización del ladrillo artesanal King Kong en el distrito de Pullo-Ayacucho.

#### **1.5 Variables de investigación**

##### **1.5.1 Identificación de variables**

###### **a) Variable independiente**

Eficacia de las propiedades físicas del relave minero

###### **b) Variable dependiente**

Optimizar el ladrillo artesanal king-kong en el distrito de pullo-Ayacucho.

##### **1.5.2 Operacionalización de Variables.**

VARIABLES	TIPO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA	FUENTE DE VERIFICACION (ITEMS)
Eficacia de las propiedades físicas del relave minero	Independiente Cuantitativa	Consiste en evaluar las propiedades físicas del relave minero y determinar las condiciones óptimas para la elaboración de unidades de albañilería de calidad.	Es el resultado obtenido de las propiedades físicas del relave minero medido a través de pruebas de laboratorio.	Propiedades físicas del relave	a) Peso específico del Relave minero (Cuantitativa)	Razón o proporción	Picnómetro
					b) Grado de cementación del Relave minero (Cualitativa)	Ordinal	
					b) La granulometría del Relave minero (Cualitativa)	Ordinal	Tamices - Curva granulométrica
					c) Porosidad del Relave minero (Cuantitativo)	Razón o proporción	Probeta de ensayo.
Optimizar el ladrillo artesanal King Kong en el distrito de Pullo.	Dependiente. Cualitativa.	Poner en Evidencia la calidad del ladrillo y demostrar su cumplimiento con los estándares mínimos de calidad establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones.	Poner en evidencia la influencia del relave minero, a través de una óptima utilización de los mismos codificados por pruebas de laboratorio	Comportamiento del ladrillo artesanal	a) Variabilidad dimensional (cuantitativa)		Regla
					b) Alabeo del ladrillo (cuantitativa)		Regla y cuña milimetrada
					c) Resistencia a la compresión	Razón o proporción	Maquina compresora
					d) succión y velocidad de absorción en la cara de asiento.		Cumplimiento con el Reglamento nacional de edificaciones E.070
					e) Absorción máxima y mínima del ladrillo.		Presencia de técnico responsable.

## **1.6 Justificación e importancia de la investigación**

### **1.6.1 Justificación**

#### **a) Desde el punto de vista funcional**

Conocer las propiedades físicas del relave minero, nos detalla sobre las bondades de éstos para la elaboración de ladrillos, así mismo someter a estudios de variación dimensional, físico y mecánicos de los ladrillos obtenidos conforme a lo dispuesto en el RNE E0.70, nos da a conocer si las calidades de los ladrillos y el cumplimiento con la normativa para que posteriormente se apruebe y se pueda emplear como material para la construcción.

#### **b) Desde el punto de vista técnico**

Permitirá conocer calidad en los ladrillos elaborados con este material. Se conocerá de qué manera influyen las propiedades físicas como el peso específico, el grado de cementación, la granulometría, la porosidad, en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos King Kong elaborado artesanalmente.

Se pretende obtener los parámetros de diseño de los ladrillos elaborados con este material, como la resistencia a la compresión.

#### **c) Desde el punto de vista ambiental**

Emplear Relave minero para la elaboración de ladrillos de construcción es una alternativa sostenible que da un valor agregado a los pasivos medio ambientales, introduce un nuevo material para emplear en el sector de construcción y proyecta la nueva filosofía de minería eco amigable.

El relave minero perjudica a la salud de los pobladores, contamina el suelo, el aire, el agua y a los seres vivos en general, por ello evaluar el comportamiento de los relaves mineros como materia prima para elaborar unidades de ladrillo permitirá desarrollar propuestas de reaprovechamiento de pasivos ambientales mineros, teniendo en cuenta los métodos idóneos que garanticen materiales de construcción de calidad.

#### **d) En la calidad de vida de la población**

Actualmente gran parte de la población del centro poblado Relave, distrito de Pullo ; construyen sus viviendas en base a ladrillos y Adobe, éste último aún está siendo empleado debido al costo excesivo de los materiales de construcción y esto permite que las viviendas sean vulnerable al sismo; esto se pudo observar el 14 de enero del 2018 donde se tuvo un movimiento telúrico de 7.3 grados en escala Richter que causó derrumbes en distintas viviendas mayormente de adobe, conocer la calidad de los ladrillos en base a relaves mineros, nos permitirá emplearlos como elementos de construcción de las edificaciones.

### **1.6.2 Importancia**

Actualmente las ladrilleras a nivel nacional explotan canteras de arcilla de forma incontrolada, por otra parte en el sector de minería Acumulan cada vez más los depósitos de Relave, en diversos departamentos del Perú se tiene Gran cantidad de Relaves acumulados que muchas veces ocasionaron variaciones del ecosistema al colapsar por falta de un control óptimo y tienen alternativas poco eficientes respecto a la eliminación de los impactos perjudiciales que se ocasionan en el medio ambiente, asimismo no cuentan con un plan de cierre de minas, por ello, introducir el concepto del relave minero como materia prima en la construcción civil, es una alternativa de gran impacto, el cual debe ser evaluado con la finalidad de desarrollar metodologías eficientes que garanticen ladrillos de calidad, y de ésta manera dar un valor agregado a los Relaves mineros y contribuir con el desarrollo de una minería eco sostenible.

## **1.7 Objetivos de la investigación**

### **1.7.1 Objetivo general**

- Determinar la eficacia de las propiedades físicas del relave minero para optimizar el ladrillo artesanal King-Kong en el distrito de Pullo-Ayacucho.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- Determinar la eficacia del peso específico del relave minero para optimizar el ladrillo artesanal King Kong en el distrito de Pullo-Ayacucho.
- Determinar la eficacia del grado de cementación del relave minero para optimizar el ladrillo artesanal King Kong en el distrito de Pullo-Ayacucho.
- Determinar la eficacia de la porosidad del relave minero para optimizar el ladrillo artesanal King Kong en el distrito de Pullo-Ayacucho.

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 2.1 Tipo, nivel y diseño de investigación.

#### 2.1.1 Tipo de investigación:

**a) Por el propósito o finalidades perseguida:**

Es Aplicada, debido a que busca la aplicación o aprovechamiento de las características físicas del relave minero para la optimización del ladrillo artesanal King-kong. Está íntimamente ligada a la investigación básica ya que de ella depende su realización y progreso.

**b) Según el periodo de tiempo en que se desarrolla:**

Es vertical o transversal, debido a que apunta a un momento y tiempo definido y la información sobre el tema de estudio se recopila en una sola vez.

**c) Según la naturaleza de la información que se recoge:**

Es cuantitativa, debido a que se emplea información que se puede medir en cantidad como el caso de la densidad, alabeo, la variación de dimensiones, el peso, resistencia a la compresión de la unidad y la resistencia a la compresión en pila, pero también del tipo cualitativa, pues se describe propiedades como la eflorescencia, la textura, el color.

#### 2.1.2 Nivel de investigación:

Será un estudio explicativo, debido a que busca relaciones causales entre variables para saber cómo, cuándo, dónde y por qué una puede influir en otras variables, evalúo la relación estadística entre ellos sin la influencia de variables extrañas.

#### 2.1.3 Diseño de investigación:

Es un estudio cuasi-experimental porque intencionalmente se manipula al menos una variable independiente, también es transversal debido a que describe la relación de dos o más variables en un único momento dado, y como investigador observó y reportó variables de causa y efecto.

Es cuasi experimental porque la variable independiente se manipula para medir los resultados de la variable dependiente.

### 2.2 Población y muestra materia de investigación.

#### 2.2.1 Población de estudio:

La población de la investigación está compuesta por el conjunto de depósitos de relave minero de los cuales se obtendrán las muestras, y serán extraídas de las distintas plantas mineras ubicadas en el centro poblado de Relave, del distrito de Pullo, que se dedican a la obtención del oro y plata mediante el procesamiento por lixiviación de los relaves.

### 2.2.2 Muestra de estudio:

El muestreo se realizó de formar aleatoria simple, donde se eligió el material con la misma probabilidad de ser seleccionados, para lo cual se empleó el método de cuarteo para materiales, en el que se sigue el siguiente procedimiento:

- Se tomó una cantidad de material de forma aleatoria y de distintos tipos, luego se esparció a través de una pala formando una base redonda de espesor uniforme.
- El material se dividió en cuatro partes iguales por diámetro.
- Se tomó una muestra representativa de las dos partes opuestas con aproximadamente las mismas propiedades, y se descartó las otras dos.
- Se barajó las piezas seleccionadas y se volvió a repetir el proceso anterior hasta obtener la cantidad de muestra necesaria para realizar el ensayo de laboratorio deseado.

Luego de realizado el procedimiento, se obtuvo las siguientes cantidades de relave.

- 2 kg de relave minero para el ensayo de plasticidad.
- 10 kg de relave minero para el ensayo de peso específico.
- 5 kg de relave minero para el ensayo de granulometría.
- 70 kg de relave minero para el realizar el ensayo de peso volumétrico suelto y compactado.
- 18 ladrillos fabricados con relave minero, para ello se requirieron una muestra de 60kg de relave, 12 Kg de arena.



Figura 4: Relavera PAM, Minera Nueva Visión.



Figura 5: Cuarteo de la Muestra

## 2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 2.3.1 Técnicas

Las técnicas a emplear en la presente tesis son tal como se muestra a continuación.

- Encuesta.
- Observación sistemática, estructurada, regulada, controlada.
- Análisis de contenido

### 2.3.2 Instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos en esta investigación, fueron tal como se mencionó en lo siguiente:

- Máquina compresora calibrada.
- Herramientas de medición, tal como balanza, regla calibrada, cuña calibrada.
- Picnómetro
- Tamiz.
- Horno
- Equipos de laboratorio

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Análisis e interpretación de datos.

##### 3.1.1 Análisis de las encuestas

Se sometió a una encuesta a los pobladores del centro poblado de Relave con la finalidad de obtener información respecto al punto de vista de la población y los empresarios establecidos en el centro poblado.

Teniendo en cuenta que los relaves depositados en el Centro Poblado de Relave son producto de la explotación por parte de empresas mineras y mineros artesanales quienes viven día a día gracias a la minería, se sometió a una encuesta para recibir la opinión de los empresarios y compueblanos respecto a la producción de ladrillos a partir de relave minero por lo que se obtuvo los siguientes resultados.

- Sometiendo a consulta a los propietarios de distintas plantas de las empresas posicionadas en el centro poblado de Relave, tienen una opinión favorable y están dispuestos a participar en este tipo de proyectos, pues consideran que éstos ocupan mucho espacio en su planta de producción, lo cual implica realizar trámites adicionales para el depósito de estos materiales que muchas veces finalizan en grandes sanciones medioambientales; también consideran que incorporar técnicas de producción de ladrillos a partir de relaves mineros es muy ambicioso y actualmente carecen de métodos apropiados por lo que urge plantear una metodología eficiente. Asimismo, implementar métodos eficientes, podría significar ingresos adicionales para la empresa minera o se podría emplear como un método para la implementación de un plan de cierre de minas, por lo que recomiendan realizar mayores investigaciones respecto del tema con la finalidad de garantizar la calidad de dichos materiales sin perjudicar a los consumidores finales de dichos materiales.
- Las plantas posicionadas en el centro poblado de Relave consideran que es una alternativa ambiciosa y presentar un plan de cierre de los pasivos medio ambientales basados en estos métodos, consideran que serían más eficientes y además transformarían los relaves en materiales de construcción, lo cual daría un valor agregado adicional muy importante y se reduciría el área ocupada de las relaveras.
- Respecto a la tercerización del plan de cierre de pasivos medio ambientales con estos métodos; consideran que si es posible siempre y cuando los terceros tengan presente los siguientes términos:

- Los terceros garanticen que tengan la capacidad de producir ladrillos sin perjudicar a la empresa minera, demuestren que el material final no sea perjudicial para las personas.
- Los terceros garanticen que tengan un plan de seguridad adecuado durante la producción de ladrillos.
- Los terceros tengan métodos de producción idóneos y garanticen que no exista riesgo de contaminación de los trabajadores implicados durante la producción.
- Respecto a la implementación de metodologías, las empresas estarían dispuestas a capacitarse en la producción de ladrillos a partir de relave minero, asimismo consideran que, si se garantiza que los materiales obtenidos sean de buena calidad, están dispuestos a desarrollar estos procedimientos a fin de mitigar los impactos negativos que provocan estos, sin embargo, consideran que no se tiene mucha información al respecto al tema, además consideran que falta mayor profundización en la investigación de estas propuestas, falta realizar una mayor evaluación de factibilidad para ejecutar este tipo de proyectos.
- Respecto a la opinión de la población, se sometió a una encuesta para el cual participaron aleatoriamente 50 personas, lo cual se tiene las siguientes conclusiones.

Asimismo, se evaluará las propiedades físicas de la muestra en estudio.

El análisis se realizará en dos instancias, primeramente, se evaluará las propiedades físicas de la materia prima a emplear que corresponde al relave de las minas, luego en segunda Instancia se realizarán los ensayos para evaluar el comportamiento correspondiente de los ladrillos y de esa manera obtener las conclusiones y recomendaciones.

### **3.1.2 Diseño y dosificación:**

De acuerdo a la evaluación de las propiedades físicas y químicas del relave del distrito de Pullo, departamento de Ayacucho, teniendo en cuenta la granulometría del relave minero, antes de la elaboración de los ladrillos, se mejoró la granulometría del relave incorporando 20%, 30% y 40% de arena con determinada granulometría, donde se elaboró una cierta cantidad de ladrillos en base a Relave minero, tal como se menciona.

**PROPORCIÓN -PROPORCIÓN EN PESO**

RELAVE:80 ARENA:20

RELAVE:70 ARENA:30

RELAVE:60 ARENA:40

En total se fabricaron el siguiente número de ladrillos.

Tabla I:  
Cantidad de ladrillos a elaborar.

TIPO DE ENSAYO	R:80 A:20	R:70 A:30	R:60 A:40	TOTAL
ABSORCIÓN, SUCCIÓN Y EFLORESCENCIA	3.00	3.00	3.00	9.00
ABSORCIÓN MAXIMA	3.00	3.00	3.00	9.00
DENSIDAD DEL LADRILLO, VARIABILIDAD DIMENSIONAL, ALABEO, COMPRESIÓN INDIVIDUAL	3.00	3.00	3.00	9.00
COMPRESIÓN EN PILA	9.00	9.00	9.00	27.00
TOTAL	18.00	18.00	18.00	54.00

Para evaluar el comportamiento del Relave en la elaboración de ladrillos, se produjeron 03 ladrillos con relave 100% y se observó el comportamiento del relave durante todo el proceso hasta el quemado de las unidades. También en base a metodologías de otros investigadores, tuve la necesidad de evaluar el comportamiento de los ladrillos producidos con relave, arena, cemento y cal que cumplen la función de fijar y microencapsular los agentes químicos, con la finalidad de evaluar el comportamiento físico, mecánico y químico éstos, para el cual se emplearon proporciones de relave, arena, cemento y cal en 45:20:30:5 respectivamente, para lo cual se produjeron 3 ladrillos.

Estas evaluaciones adicionales se realizaron con finalidad de reforzar a la investigación principal, con la finalidad de evaluar alternativas de control de los agentes químicos, sin desviarnos de los objetivos de la tesis.

**a) Trabajabilidad de la mezcla.**

El relave minero tiene partículas muy finas, en el cual la cantidad que pasa la malla N°200, supera el 60%, esto al mezclar con agua presenta múltiples grumos, y no permite realizar el moldeo de manera apropiada, tampoco permite que la humedad se distribuya de manera homogénea en toda el material, es decir la permeabilidad e infiltración es baja y perjudicial, por tanto, el relave minero no contribuye con la trabajabilidad de la mezcla, por contener gran cantidad de finos.



Figura 6: Grumos típicos en el relave minero.

Dado esta observación, para mejorar la trabajabilidad es necesario agregar cierto material grueso, de granulometría distinta con la finalidad de bajar la cantidad de finos existentes, por ello se toma la decisión de agregar arena con una determinada granulometría para mejorar esta condición.

**b) Procedimiento de fabricación:**

Se procedió a fabricar ladrillos en tres situaciones diversas. La primera situación es con relave 100% para evaluar el comportamiento propio del relave; la segunda situación es elaborar ladrillos agregando arena adicional, con la finalidad de evaluar el comportamiento de la mezcla y finalmente se elaboraron ladrillos incorporando arena, cemento y cal a la mezcla, con la finalidad de evaluar el comportamiento del ladrillo en condición de estabilización química por la metodología de fijación y microencapsulación de los agentes químicos.

Observando la trabajabilidad del relave minero al entrar en contacto en el agua, el cual es malo, se plantea agregar cierta cantidad de arena de una granulometría específica para mejorar las condiciones negativas del relave, por lo tanto, tuve que mezclar el relave minero con arena en un 20 %, 30% y un 40%.

Pasos para la elaboración de ladrillos.

- Extracción.
- Mezclado.
- Molienda y amasado.
- Moldeado.
- Secado.
- Quemado.
- Almacenamiento.
- Transporte.

**i. Mezclado y preparación del barro.**

En esta etapa mezclamos las diversas proporciones y observamos el comportamiento de cada uno de las mezclas.

Para una mezcla de relave 100%, al agregar agua, se puede observar que la mezcla no es trabajable, el agua no se filtra de manera óptima, existe la presencia de terrones y grumos, no se tiene una humedad homogénea en la mezcla, no permite un correcto moldeo y existen grumos secos que es perjudicial, por lo tanto, no es bueno para la fabricación de ladrillos. Esta proporción no es recomendable para la fabricación de ladrillos.

Para una mezcla relave, arena, cemento y cal en 45:20:30:5, si se obtiene una mezcla trabajable, pero se requiere mayor cantidad de agua debido al calor que genera el cemento y cal, la mezcla si permite el correcto moldeo de los ladrillos.

Para una mezcla con relave y arena, batimos la mezcla de manera uniforme de tal manera que se logre una mezcla homogénea con humedad uniforme, la cantidad de agua que se requiere agregar es del 20% al 30% en peso de la mezcla, se observa que, con arena adicional, la mezcla permite una mejor trabajabilidad, permite la humidificación homogénea en toda la mezcla y asimismo permite el correcto moldeo. Para obtener una mezcla homogénea, es recomendable reposar la mezcla por 30min., hasta que todas las partículas se encuentren completamente saturadas, libre de grumos, en ningún caso se debe permitir que existan partículas secas en la mezcla.



Figura 7: Mezcla Final de Relave

Como se puede apreciar en la imagen, agregar arena a la mezcla, permite cortar todos los grumos perjudiciales y permite una mayor uniformidad de la humedad.

## ii. **Moldeado y compactado**

En esta etapa se introduce la mezcla en un molde con medidas en promedio de 19.00cm x 11.00cm x 8.50cm luego se compacta y nivela hasta que la mezcla alcance el ras del molde, finalmente se retira del molde.

La mezcla se introdujo a cada 1/3 de cantidad del molde, en donde se compactó en cada capa para liberar posibles vacíos. Es recomendable tener correctamente lubricado el molde para que facilite desmoldar de manera más eficiente o asimismo se recomienda emplear diversos desmoldantes tal como la arena fina. Se recomienda

realizar estos trabajos con equipos de protección idóneos, tal como guantes, mascarillas, botas, pantalón y camisa.

En esta ocasión el moldeo se realiza de manera manual, pero para el moldeo de los ladrillos con relave minero es recomendable realizar éstos de manera mecánica empleando maquinarias, con la finalidad de evitar que los trabajadores entren en contacto con el relave de las minas que son contaminantes y pueden ser perjudiciales para la salud de los trabajadores.



Figura 8: Molde o Gravera para la Elaboración de Ladrillos.

En la imagen se aprecia el molde fabricado a base de madera, el cual lleva la marca M, para identificar los ladrillos propios.



Figura 9: Elaboración de los ladrillos de Relave Minero

En este procedimiento se observó que para una mezcla relave 100%, no se logra un correcto moldeo, y en gran medida los adobes tienen a deformarse y quebrarse con facilidad al momento de efectuar el demoldeo, la particular finas del relave y los grumos existentes en el barro hacen que esta proporción no sea recomendable para la elaboración de ladrillos.

Para una mezcla relave, arena, cemento y cal en 45:20:30:5, si permite el correcto moldeo, no existen grumos, sin embargo, al momento de efectuar el desmoldeo se tiene cierta dificultad, se debe incorporar lubricante para el desmoldeo.

Para una mezcla relave: 80 arena: 20, relave:70 arena:30 o relave:60 arena:40, si se permite un correcto moldeo, libre de grumos o agentes perjudiciales para los ladrillos, existe humedad homogénea en toda la mezcla, además al momento de efectuar el demoldeo, se aprecia la facilidad, por tanto, esta proporción si es recomendable para la labranza de adobes, se recomienda emplear arena fina como desmoldante.

### **iii. Secado a temperatura ambiente:**

Luego de moldeo se debe dejar secar las unidades de albañilería a temperatura ambiente que oscila entre 15 °C a 25 °C por un mínimo 7 días a fin de que la humedad que está en el interior se libere de manera paulatina y no de manera brusca que puede afectar a las unidades. Durante estos días las unidades de albañilería no deberán ser expuestas a la lluvia, granizo, heladas u otros fenómenos climáticos; a partir del 3er día de secado, los ladrillos se van girando a fin de que la cara inferior que no estuvo expuesta al sol libere su humedad de manera más uniforme. Finalmente, después del secado, los ladrillos se apilan unos encima de otros, todos colocados de canto, con una altura máxima de aproximadamente 1 a 1,20 m.



Figura 10: Secado a temperatura ambiente de ladrillo elaborado con Relave.

En la imagen se aprecia la unidad de albañilería en estado crudo con la marca M, que identifica a los ladrillos, asimismo el lote de unidades para ensayar.



Figura 11: Secado de ladrillo elaborado con Relave.

En este procedimiento se observó lo siguiente:

Para una mezcla relave 100%, se observó que los adobes con esta proporción son muy débiles, se parten, por tanto no es bueno para la elaboración de ladrillos, se descarta el siguiente procedimiento o quemado en hornos.

Para una mezcla relave:45, arena:20 cemento:30 y cal:5 se pudo observar que las unidades en estado crudo son muy estables, durables y resistentes, es decir las unidades en estado crudo se asemejan a un concreto estable, por tanto es apto para el siguiente procedimiento.

Para una mezcla relave: 80 arena: 20, relave:70 arena:30 o relave:60 arena:40, se obtienen adobes estables, firmes y resistentes, por tanto es apto para el siguiente procedimiento, correspondiente al quemado en horno.

#### **iv. Quemado de los ladrillos.**

Quemar los ladrillo en un horno a temperaturas 900°C a 1300 °C, es recomendable que el quemado se haga de manera que al inicio se introduzca a temperaturas bajas ascendiendo paulatinamente para obtener un buen quemado y por ende mejor resistencia del ladrillo, por otra parte nunca se deberá quemar de manera rápida cuando éste aún no se haya secado a temperatura ambiente durante 7 días como mínimo, pues las unidades se agrietarán a causa de que el exceso de agua tiende a evaporarse y causar micro fisuras por capilaridad, el quemado en el horno se realiza durante 17 horas y se emplean leña y carbón de piedra (antracita), el cual se deja durante 4-6 días en reposo donde el carbón de piedra cumple con su trabajo de cocción.



Figura 12: Quemado de ladrillos en Horno



Figura 13: Extracción de ladrillos de Horno

En este procedimiento se observó lo siguiente:

Para una mezcla relave 100%, no se fabricaron ladrillos en esta proporción debido a que los adobes que se producen con ésta proporción, eran muy débiles, con muchos grumos y al momento de efectuar el demoldeo, se observó que los adobes con esta proporción se partían o no se mantenían unidas debido a la gran cantidad de grumos existente, por tanto no se efectuó el quemado de ladrillos en esta proporción.

Para una mezcla relave: 80 arena: 20, relave:70 arena:30 o relave:60 arena:40, si se permite un correcto quemado, finalmente se obtiene ladrillos de color rojo, son durables y tienen sonido metálico, por tanto a estas muestras se procederán a evaluar las propiedades físicas y mecánicas y comparar con la normativa.

De acuerdo a las evaluaciones hasta este procedimiento, se pudo determinar que para la elaboración de ladrillos en base a relave, es necesario agregar arena para mejorar la granulometría. En esta investigación, estamos evaluando 3 dosificaciones, 80

arena: 20, relave:70 arena:30 o relave:60 arena:40 de los cuales los ladrillos son sólidos luego de quemado en horno.

Visto esta desventaja del relave minero, y como referencia al procedimiento de microencapsulación de agente químicos, se elaboró 3 ladrillos de relave con una proporción Relave:45%, Arena:20%, Cemento:30% y Cal:5% (R: 45 A:20 C:30 C:5), el cual durante la elaboración se observó que se logra un ladrillo crudo(adobe) estable sin embargo al quemarlo en el horno se pudo observar que el ladrillo se debilita drásticamente, debido a que el cemento pierde sus propiedades físicas cuando es sometido a temperaturas altas, por lo que se puede observar que la metodología de microencapsulación con cemento y cal solo es factible en adobes mejorados, concretos o sus derivados mas no en la metodología para la fabricación de ladrillo quemados en hornos, pues el cemento pierde resistencia cuando es sometido a temperaturas altas.

Los ladrillos quemados a más de 900°C, obtienen un color amarillento similar al azufre, no tienen sonido metálico y son muy débiles, por lo cual esta mezcla no se recomienda para la elaboración de ladrillos quemados en horno.

El color amarillento se podría fundamentar por el cemento y cal incorporada en la mezcla y éstos contienen gran cantidad de calcio según su composición química, asimismo según San Bartolomé (1994) [11], las arcillas calcáreas contienen 15% de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) y da lugar a unidades de color amarillento.

Tabla II:  
Composición química del cemento.

Silicato tricalcico	C3S	3CaO.SiO <sub>2</sub>
Silicato dicalcico	C2S	2CaO.SiO <sub>2</sub>
Aluminato tricalcico	C3A	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3CaO
Ferro aluminato tetracalcico	C4AF	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .4CaO.Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Cal	CaO	



Figura 14: Ladrillo elaborado y quemado con Relave, Arena, Cemento y Cal.

En la figura N°014, se puede observar los ladrillos elaborados con cal y cemento adicional, los cuales luego de quemado en el horno da como resultado un ladrillo de color amarillento, débil, con alta absorción, con diversas manchas indeseadas, el cual hace un ladrillo inservible para la construcción.

### 3.1.3 Análisis físico de la muestra de relave.

#### a) Peso específico del relave.

Para calcular el peso específico del relave, emplearemos el método del picnómetro. Determinamos la masa del picnómetro en cuatro situaciones distintas, pesar solo el picnómetro, luego registrar su masa ( $M_p$ ), agregar una cantidad de material y registrar la masa del conjunto ( $M_{p+mat.}$ ), agregar agua y eliminar los vacíos en una secadora conectada a una bomba de vacío de baja presión, o elimine los vacíos hirviendo agua con un quemador a la temperatura óptima, como se muestra en la figura. De esta manera, las burbujas de aire presentes en las partículas de material pueden eliminarse y luego llenarse con agua a nivel. Registrar la masa ( $M_{p+mat.+W_{ocup.}}$ ), llene el picnómetro por separado con agua hasta el nivel de llenado. Tomar el peso y registrar su masa ( $M_{p+W_{total}}$ ), Atarés (2015) [12].



Figura 15: Picnómetro de vidrio.

$$m_{w_{desplazada}} = m_{p+w_{total}} - [m_{p+mat.+w_{ocup.}} - (m_{p+mat.} - m_p)]$$

De esta forma obtenemos la masa del agua desplazada por el material.

Entonces, el volumen que ocupa el material se determina mediante la siguiente formula.

$$V_{real} = \frac{m_{w_{desplazada}}}{\rho_w}$$

Por tanto, la densidad real del material es el siguiente:

$$\rho_{mat.real} = \frac{m_{p+mat.} - m_p}{V_{real}}$$

Luego de realizar el ensayo del picnómetro se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla III:  
Cálculo de Peso específico del relave minero.

Nº PICNOM.	Peso (gr.) = Picómetro (A)	Peso (gr.) = suelo seco (B)	Peso (gr.) = Picómetro+ Agua (C)	Peso (gr.) = Picómetro+A gua+suelo (D)	Volumen (E=B+C-D)	Peso Específico (F=B/E)
P-01	157.1	1000	462.6	1076.53	386.07	2.59
P-02	158.5	1000	462.3	1074.58	387.72	2.58
P-03	158.5	1000	460.3	1072.62	387.68	2.58
Peso Específico promedio						2.58

Se puede apreciar que el peso específico promedio del relave minero es de 2.58 gr/cm<sup>3</sup>.

**b) Peso volumétrico del relave.**

Para calcular el peso volumétrico, se debe seguir lo siguiente, tomar un tubo de ensayo y determinar su masa ( $m_{probeta}$ ). Se vierte cierta masa de material y se vuelve a pesar todo ( $m_{probeta} + material$ ). Cada 1/3 del volumen de la muestra se compacta con una vara de 5/8". Durante el golpeo se deja caer la vara 25 veces para lograr la compactación de la muestra, y finalmente el volumen que ocupa la muestra en la probeta ( $V_{aparente}$ ) La densidad aparente se calcula como:

$$\rho_{aparente} = \frac{M_{probeta+material} - M_{probeta}}{V_{aparente}}$$

Para el cálculo del peso volumétrico, se empleó herramientas como una balanza, y recipientes calibrados, luego se calculó el Peso unitario suelto y el peso unitario compacto para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados.

**i. Peso Unitario Suelto.**

Para calcular el peso unitario suelto, llenar el material a un recipiente desde una altura de 30 cm. La superficie de la masilla se nivela con un listón de modo que las partes sobresalientes se desplacen del plano de nivelación mediante depresiones. La masa del recipiente lleno en kilogramos se determina usando una balanza.

Tabla IV:  
Calculo de peso unitario suelto (gr/cm<sup>3</sup>)

Vol. Tara	0.0096	m <sup>3</sup>	
Tara	M-01	M-02	M-03
P.m+tara (gr.)	16814.2	16849.7	16830
P. tara (gr.)	4386.9	4386.9	4386.9
P. muestra (gr.)	12427.3	12462.8	12443.1
P.U.S. (gr./cm <sup>3</sup> )	1.295	1.298	1.296

Se puede apreciar que el peso unitario suelto del relave minero es de 1.296 gr/cm<sup>3</sup>.

**ii. Peso Unitario Compactado.**

Colocamos el material en un recipiente cada tres capas de aproximadamente el mismo volumen hasta que esté completamente lleno. Cada capa se nivela y compacta con 25

golpes distribuidos de manera uniforme sobre cada capa. Empleamos varilla de acero de 5/8" y 60 cm de largo, con punta hemisférica.

Cuando el recipiente esté lleno, usando una regla como regla, nivela la superficie y averigua el peso del recipiente lleno en kg.

Tabla V:

Calculo del peso unitario compactado (gr. /cm<sup>3</sup>)

Vol. Tara	0.0096	m <sup>3</sup>	
Tara	M-01	M-02	M-03
P.m+tara (gr.)	18480.5	18336.1	18147.6
P. tara (gr.)	4386.9	4386.9	4386.9
P. muestra (gr.)	14093.6	13949.2	13760.7
P.U.C. (gr./cm <sup>3</sup> )	1.468	1.453	1.433

Se puede apreciar que el peso unitario compactado es de 1.433 gr/cm<sup>3</sup>.

Las evaluaciones anteriores se realizaron en las condiciones de humedad natural, el cual pude evaluar y obtuve la siguiente información.

Tabla VI:

Contenido de humedad de suelo natural.

Vol. Tara	0.01	m <sup>3</sup>	
Tara	M-3-T	5to-B-B2	NR-01
P. tara (gr.)	94.00	89.00	92.00
P. tara+A.humedo(gr.)	567.00	522.00	533.00
P. tara+A.seco(gr.)	564.10	520.00	530.80
P. Agua(gr.)	2.90	2.00	2.20
P. A. seco (gr.)	470.10	431.00	438.80
Contenido de Humedad (% w)	0.62%	0.46%	0.50%

**c) Porosidad del relave(n).**

La porosidad "n", es la razón del volumen de vacíos (V<sub>v</sub>) y el volumen total V del suelo:

$$n = \frac{V_v}{V}$$

$\rho_{aparente}$  = Es la relación que existe entre la masa y su volumen aparente (volumen que incluye los vacíos intergranulares), de un determinado material.

$\rho_{real}$  = La densidad real es la relación entre la masa del producto y su volumen real (volumen excluyendo los vacíos intergranulares).

La porosidad se determina mediante la siguiente formula:

$$n = \frac{\rho_{real} - \rho_{aparente}}{\rho_{real}}$$

Por lo tanto, es necesario determinar la densidad real y la densidad aparente.

- La densidad real, toma el valor del peso específico del suelo el cual fue calculado en la tabla N°10, y tiene un valor promedio de 2.58 gr/cm<sup>3</sup>

- La densidad aparente viene definida como el promedio del peso unitario compactado, por lo tanto, esto nos da un promedio de 1.451 gr/cm<sup>2</sup>

Tabla VII:  
Peso unitario compactado (gr/cm<sup>3</sup>)

Vol. Tara	0.0096	m <sup>3</sup>		
TARA	M-01	M-02	M-03	PROMEDIO
P.m+tara (gr.)	18480.5	18336.1	18147.6	
P. tara (gr.)	4386.9	4386.9	4386.9	
P. muestra (gr.)	14093.6	13949.2	13760.7	
P.U.C. (gr./cm <sup>3</sup> )	1.468	1.453	1.433	1.451

Por lo tanto la porosidad resultante es tal como se muestra en el siguiente cálculo.

$$n = \frac{2.58 - 1.451}{2.58} = 0.4376 = 43.76\%$$

Por lo tanto, la cantidad de vacíos en relave minero es del 43.76%

**d) Grado de cementación.**

El grado de cementación se puede describir como la siguiente tabla.



Figura 16: Observación del Grado de cementación

Tabla VIII:  
Grado de cementación

DESCRIPCIÓN	CRITERIO
Débil	Se desmorona cuando se manipula la muestra o se presiona ligeramente con los dedos.
Moderado	Se desmorona bajo una considerable presión con los dedos.
Fuerte	No se desmorona con la presión de los dedos.

Nota: Rescatado de Campos y Guardia, [13]

e) **Análisis granulométrico del Relave**

Se tuvo que realizar el análisis granulométrico previo lavado de suelo debido a que el relave tuvo gran porcentaje de finos que no permiten obtener resultados apropiados en estado seco natural.

Esta prueba, particularmente en los relaves, se debe realizar lavando el suelo en la malla N°200, luego se puede deducir la cantidad de material que se lleva el agua correspondiente al material fino (fondo).

El agua permite lavar las partículas y dejarlo sin material fino alguno, se retendrá todas las partículas y todos los finos serán llevados por el agua hacia el fondo.



Figura 17: Método de lavado-granulometría.



Figura 18: Ensayo de granulometría.

Se realizó el análisis granulométrico al relave minero para tres muestras de relave, para los cuales se tiene los siguientes resultados.

Tabla IX:  
Análisis granulométrico por tamizado (M-01)

Tamiz ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Ret Acum.	% Pasa	Log10 de abertura
N° 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	2
10	2.000	1.30	0.13%	0.13%	99.87%	1.999
20	0.840	2.50	0.25%	0.38%	99.62%	1.998
40	0.420	3.30	0.33%	0.71%	99.29%	1.997
60	0.250	17.40	1.74%	2.45%	97.55%	1.989
100	0.149	90.10	9.01%	11.46%	88.54%	1.947
200	0.074	248.20	24.82%	36.28%	63.72%	1.804
Fondo		637.20	63.72%	100.00%		
Peso Total =		1000.00	gr.			

D<sub>10</sub> (mm)= 31.22 Cu= 1.941 Suelo muy Uniforme < 3

D<sub>30</sub> (mm)= 40.71 Cc= 0.876

D<sub>60</sub> (mm)= 60.61

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Si Cu < 3 -> Suelo muy uniforme.

Si 1 < Cc < 3 -> Suelo bien graduado



Figura 19: Análisis Granulométrico por Tamizado (M-01)

De acuerdo al gráfico del análisis granulométrico, se puede apreciar que la muestra presenta gran cantidad de finos donde solo el 36.28 % es retenido en la malla N°200 y lo resto pasa la malla N°200.

Tabla X:  
Análisis granulométrico por tamizado (M-02)

Tamiz ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Ret Acum.	% Pasa	Log10 de abertura
N° 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	2
10	2.000	1.40	0.14%	0.14%	99.86%	1.999
20	0.840	3.10	0.31%	0.45%	99.55%	1.998
40	0.420	3.50	0.35%	0.80%	99.20%	1.997
60	0.250	20.10	2.01%	2.81%	97.19%	1.988
100	0.149	88.90	8.89%	11.70%	88.30%	1.946
200	0.074	260.30	26.03%	37.73%	62.27%	1.794
Fondo		622.70	62.27%	100.00%		
Peso Total =		1000.00	gr.			

D10 (mm)= 30.82 CU= 1.959 Suelo muy Uniforme < 3  
 D30 (mm)= 40.32 CC= 0.874  
 D60 (mm)= 60.36

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Si  $Cu < 3$  -> Suelo muy uniforme.

Si  $1 < Cc < 3$  -> Suelo bien graduado



Figura 20: Análisis Granulométrico por Tamizado (M-02)

De acuerdo al gráfico del análisis granulométrico, se puede apreciar que la muestra presenta gran cantidad de finos donde solo el 37.73 % es retenido en la malla N°200, y lo resto pasa la malla N°200.

Tabla XI:  
Análisis granulométrico por tamizado (M-03)

Tamiz ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Ret Acum.	% Pasa	Log10 de abertura
N° 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	2
10	2.000	1.60	0.16%	0.16%	99.84%	1.999
20	0.840	2.10	0.21%	0.37%	99.63%	1.998
40	0.420	3.20	0.32%	0.69%	99.31%	1.997
60	0.250	15.40	1.54%	2.23%	97.77%	1.99
100	0.149	89.80	8.98%	11.21%	88.79%	1.948
200	0.074	252.10	25.21%	36.42%	63.58%	1.803
Fondo		635.80	63.58%	100.00%		
Peso Total =		1000.00	gr.			

D10 (mm)= 31.248    CU= 1.939    Suelo muy Uniforme  
D30 (mm)= 40.725    CC= 0.876  
D60 (mm)= 60.591

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Si  $Cu < 3$     ->    Suelo muy uniforme.

Si  $1 < Cc < 3$     ->    Suelo bien graduado



Figura 21: Análisis Granulométrico por Tamizado (M-03)

De acuerdo al gráfico del análisis granulométrico, se puede apreciar que la muestra presenta gran cantidad de finos donde solo el 36.42 % es retenido en la malla N°200, y lo resto pasa la malla N°200.

**f) Mejoramiento de la granulometría del Relave:**

Para la fabricación de los ladrillos, antes se debe de mejorar la granulometría del relave minero, tal como sigue.

Para mejorar la trabajabilidad es necesario mejorar la granulometría del Relave Minero agregando 20%, 30% o 40% de arena dentro de su composición, además se debe de humedecer por un lapso de 15 minutos para que la humedad cubra completamente las partículas del relave minero.

La arena empleada para mejorar los gruesos del relave cumple con la siguiente granulometría.

Tabla XII:  
Granulometría de Arena

Tamiz ASTM	Aber.	Peso	% Reten.	% Ret	% Pasa
	mm.	reten.		Acum.	
3/8"	9.500	0	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.750	5.3	0.53%	0.53%	99.47%
8	2.360	10.2	1.02%	1.55%	98.45%
16	1.180	150.3	15.03%	16.58%	83.42%
30	0.600	280.9	28.09%	44.67%	55.33%
50	0.300	350.3	35.03%	79.70%	20.30%
100	0.150	160.6	16.06%	95.76%	4.24%
200	0.075	25.6	2.56%	98.32%	1.68%
Bandeja		16.8	1.68%	100.00%	0.00%
Peso Total =		1000	gr.		

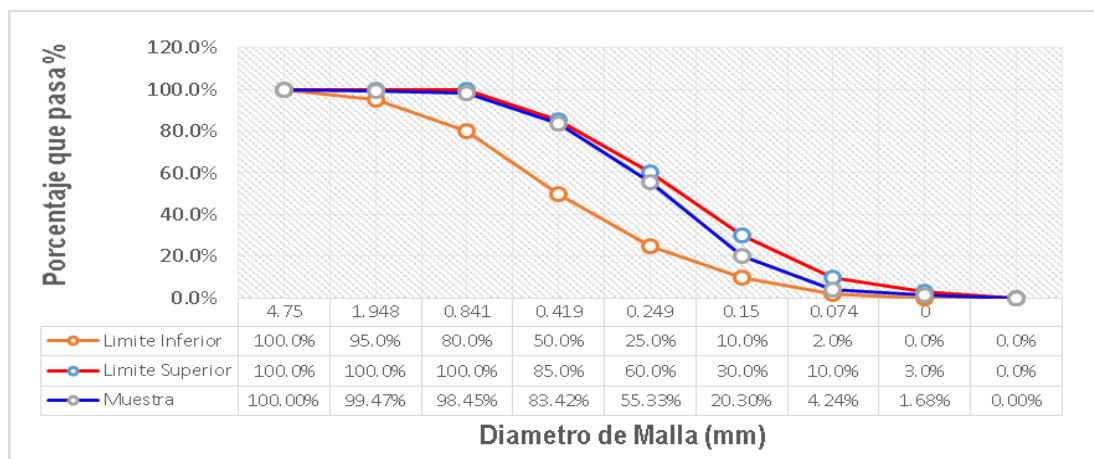


Figura 22: Granulometría de Arena Fina-Huso Granulométrico ASTM C33

Agregando arena adicional se pudo observar que se eliminan los grumos durante el mezclado, asimismo permite el moldeo de las unidades de manera más óptima.

Finalmente, luego de mezclar el relave con 20%, 30% y 40% de arena, se pudo determinar la granulometría óptima del relave para la elaboración de los ladrillos.

**A. FINO:** 200.00 20.00%  
**RELAVE:** 800.00 80.00%  
**PESO TOTAL:** 1000.00

Tabla XIII:  
Granulometría de Relave:80 Arena:20

Mallas o Tamices	Malla (mm)	PESO RETENIDO	% Retenido	Peso ret. Acum. (gr.)	% Retenido Acum.	Cant. que pasa (%)
4	4.75	1.060	0.11%	1.060	0.11%	99.89%
10	1.948	3.470	0.35%	4.530	0.45%	99.55%
20	0.841	31.960	3.20%	36.490	3.65%	96.35%
40	0.419	58.050	5.81%	94.540	9.45%	90.55%
60	0.249	82.580	8.26%	177.120	17.71%	82.29%
100	0.15	104.230	10.42%	281.350	<b>28.14%</b>	71.87%
200	0.074	127.180	12.72%	408.530	<b>40.85%</b>	59.15%
Fondo	0	591.470	59.15%	1000.000	100.00%	0.00%
<b>TOTAL:</b>		1000.000				

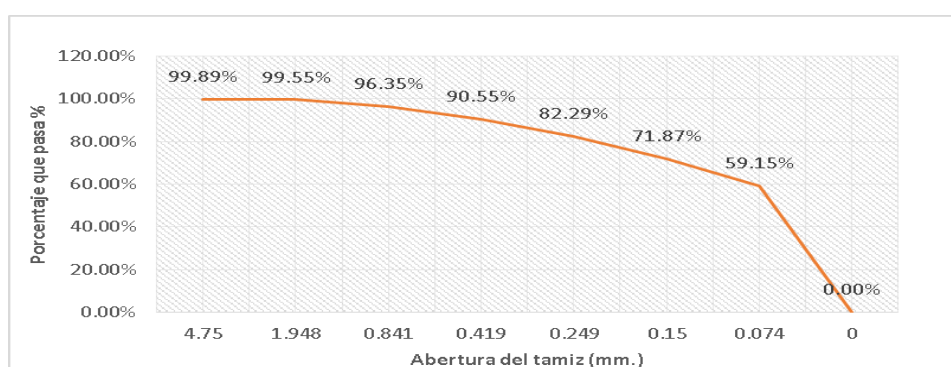


Figura 23: Granulometría de muestra Relave: 80 Arena:20

A. FINO: 300.00 30.00%

RELAVE: 700.00 70.00%

PESO TOTAL: 1000.00

Tabla XIV:  
Granulometría de Relave:70 Arena:30

Mallas o Tamices	Malla (mm)	PESO RETENIDO	% Retenido	Peso ret. Acum. (gr.)	% Retenido Acum.	Cant. que pasa (%)
4	4.75	1.59	0.16%	1.590	0.16%	99.84%
10	1.948	4.33	0.43%	5.920	0.59%	99.41%
20	0.841	46.78	4.68%	52.700	5.27%	94.73%
40	0.419	85.92	8.59%	138.620	13.86%	86.14%
60	0.249	116.06	11.61%	254.680	25.47%	74.53%
100	0.15	111.28	11.13%	365.960	<b>36.60%</b>	63.40%
200	0.074	114.48	11.45%	480.440	<b>48.04%</b>	51.96%
Fondo	0	519.56	51.96%	1000.000	100.00%	0.00%
<b>TOTAL:</b>		1000.00				

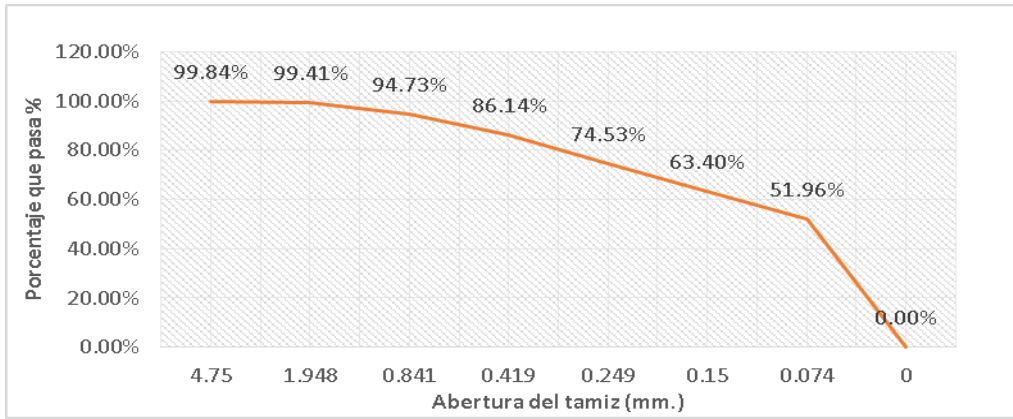


Figura 24: Granulometría de muestra Relave:70 Arena:30

<b>A. FINO:</b>	400.00	40.00%
<b>RELAVE:</b>	600.00	60.00%
<b>PESO TOTAL:</b>	1000.00	

Tabla XV:  
Granulometría de Relave:60 Arena:40

Mallas o Tamices	Malla (mm)	PESO RETENIDO	% Retenido	Peso ret. Acum. (gr.)	% Retenido Acum.	Cant. que pasa (%)
4	4.75	2.120	0.21%	2.120	0.21%	99.79%
10	1.948	5.190	0.52%	7.310	0.73%	99.27%
20	0.841	61.590	6.16%	68.900	6.89%	93.11%
40	0.419	113.790	11.38%	182.690	18.27%	81.73%
60	0.249	149.550	14.96%	332.240	33.22%	66.78%
100	0.15	118.320	11.83%	450.560	45.06%	54.94%
200	0.074	101.790	10.18%	552.350	55.24%	44.77%
Fondo	0	447.650	44.77%	1000.000	100.00%	0.00%
<b>TOTAL:</b>		1000.000				

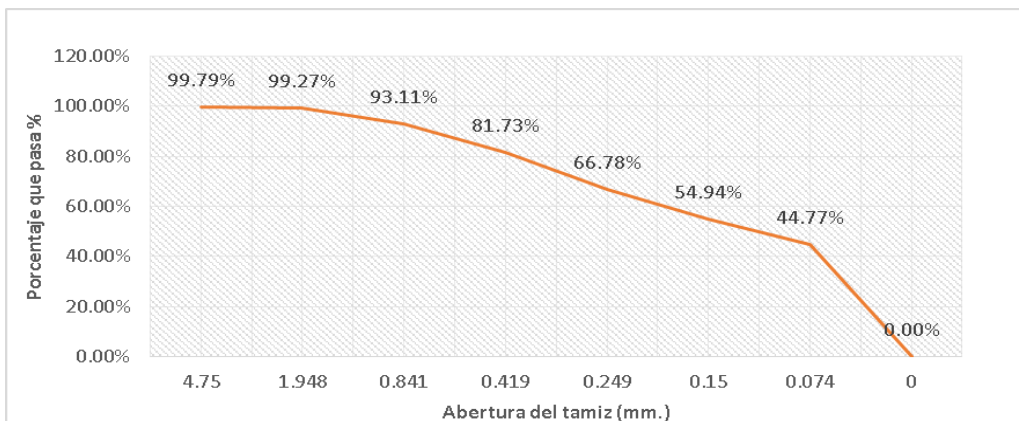


Figura 25: Granulometría de muestra Relave:60 Arena:40

g) Índice de plasticidad



Figura 26: Ensayo de límite líquido por el método de Casagrande



Figura 27: Determinación del límite líquido en laboratorio.



Figura 28: Secado en Horno

Tabla XVI:  
Limite Líquido % (M-01)

TARA N°	WJN	C-2	LL
Peso tara+ Suelo Húmedo	112.2	129.254	
Peso tara+ Suelo Seco	103.2	117.2	
Peso de tara	89	91	
Peso Suelo Seco	14.2	26.2	
Peso Agua	9	12.054	
Contenido de Humedad %	63.380%	46.008%	51.80%
N° de golpes	21	27	25

Limite líquido (1) =51.80%

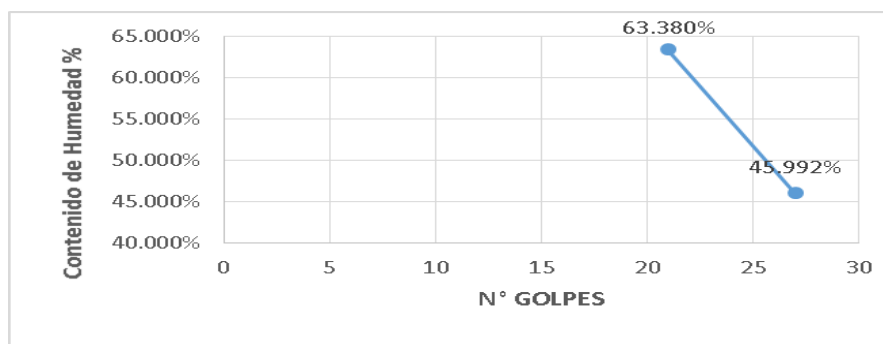


Figura 29: Determinación del Limite Líquido (M-01)

Tabla XVII:  
Limite Plástico % (M-01)

TARA N°	CICGI	JC-2
Peso tara+ Suelo Húmedo	99.75	90.15
Peso tara+ Suelo Seco	99.1	89.5
Peso de tara	94.6	85.9
Peso Suelo Seco	4.5	3.6
Peso Agua	0.65	0.65
Contenido de Humedad %	14.44%	18.06%
L.P.=	16.30%	

$$IP = L.L - L.P = 51.80\% - 16.30\% = 35.50\%$$

Tabla XVIII:  
Limite líquido % (M-02)

TARA N°	M-03	M-04	LL
Peso tara+ Suelo Húmedo	118.5	124.336	
Peso tara+ Suelo Seco	107.8	115.4	
Peso de tara	93	92	
Peso Suelo Seco	14.8	23.4	
Peso Agua	10.7	8.936	
Contenido de Humedad %	72.297%	38.188%	52.400%
N° de golpes	18	30	25

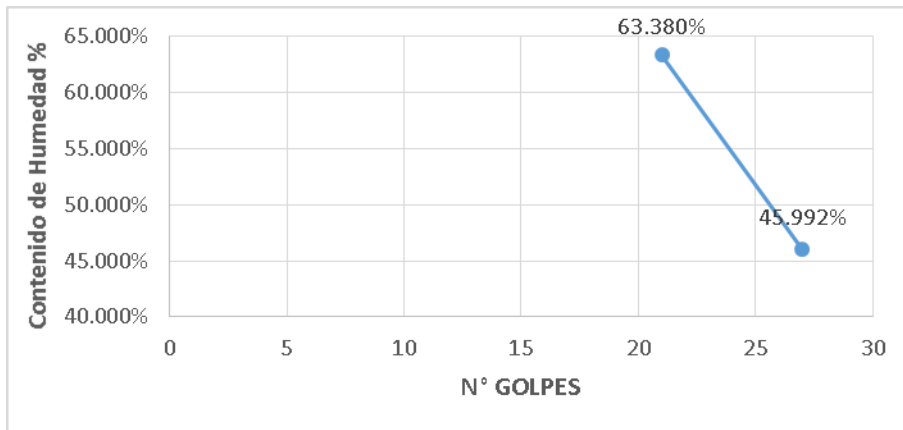


Figura 30: Determinación del Límite Líquido (M-02)

Tabla XIX:  
Límite plástico % (M-02)

TARA N°	JC-3	JC-4
Peso tara+ Suelo Húmedo	98.12	88.72
Peso tara+ Suelo Seco	97.66	88.32
Peso de tara	94.87	85.90
Peso Suelo Seco	2.79	2.42
Peso Agua	0.46	0.40
Contenido de Humedad %	16.49%	16.53%
L.P.=	16.50%	

$$IP = L.L - L.P = 52.40\% - 16.50\% = 35.90\%$$

Tabla XX:  
Límite líquido % (M-03)

TARA N°	WJN	C-2	LL
Peso tara+ Suelo Húmedo	112.2	129.2	
Peso tara+ Suelo Seco	103.2	117.18	
Peso de tara	89	91	
Peso Suelo Seco	14.2	26.18	
Peso Agua	9	12.02	
Contenido de Humedad %	63.380%	45.913%	52.500%
N° de golpes	20	28	25

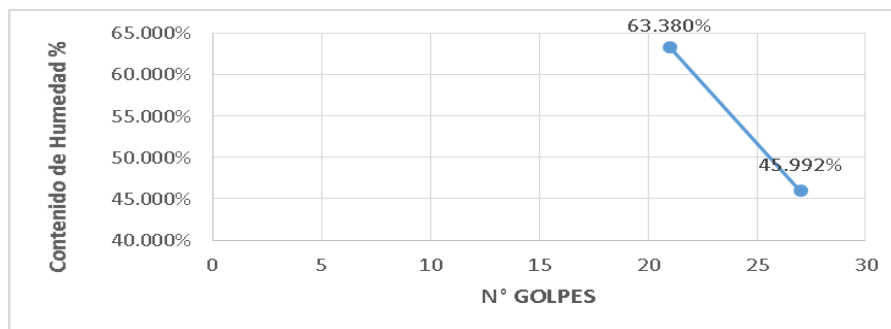


Figura 31: Determinación del Límite Líquido (3)

Tabla XXI:  
Limite plástico % (M-03)

TARA N°	JC-5	JC-6
Peso tara+ Suelo Húmedo	101.2	89.48
Peso tara+ Suelo Seco	99.2	89.00
Peso de tara	85.30	86.20
Peso Suelo Seco	13.9	2.80
Peso Agua	2	0.48
Contenido de Humedad %	14.39%	17.14%
L.P.=	15.80%	

$$IP = L.L - L.P = 52.50\% - 15.80\% = 36.70\%$$

### 3.1.4 Análisis químico del Relave Minero.

#### a) Test balance ácido-base (ABA) del relave minero.

El drenaje ácido de roca o mina (DAM) es un proceso natural resultante de la oxidación de minerales sulfurados como pirita, pirrotita, calcopirita, arsenopirita y esfalerita por el oxígeno atmosférico y el agua para formar sulfatos, Fe(II) e iones H<sup>+</sup>. A continuación, los microorganismos catalizan la oxidación a Fe (III) y, según el valor del pH, la hidrólisis de Fe (III) y la precipitación de oxihidróxidos de hierro u oxihidróxidos con formación de iones H<sup>+</sup>

La descarga de ácido del suelo se determina con la PRUEBA DE BALANCE DE ÁCIDO (ABA). Esta investigación consiste principalmente en la determinación del potencial ácido (PA) y el potencial de neutralización (PN) y en base a estos dos valores, la determinación del potencial neto de neutralización (PNN) y la relación PN/PAM, que se puede comparar con los parámetros de referencia y así determinar si la muestra produce drenaje ácido [8].

Las relaciones que dan los resultados ABA:

S-SO<sub>4</sub>=Azufre como sulfatos (KgCaCO<sub>3</sub> equiv/t material)

PNN = PN – PAM, considerando que:

Si PNN > 20 o PN/PAM>3, la muestra NO GENERA DRENAJE ÁCIDO

Si PNN < 20 o 1<PN/PAM<3, la muestra es de comportamiento INCIERTO

Si PNN < 0 o PN/PAM<1, la muestra SI GENERA DRENAJE ÁCIDO

Tabla XXII:  
Test Balance Acido-Base (ABA) del relave minero

Parámetro	Unidad	Resultado
Azufre Total, S	%	0.32
Azufre de sulfatos, S-SO <sub>4</sub> -	%	0.31
Azufre de Sulfuro, S <sub>2</sub> -	%	0.01
Potencial de Acidificación máxima, PAM	Kg CaCO <sub>3</sub> /T	9.85
Potencial de Neutralización, PN	Kg CaCO <sub>3</sub> /T	94.19
Potencial Neto de Neutralización, PNN	Kg CaCO <sub>3</sub> /T	94.03
Relación PN/PAM	Sin Unid.	9.85
pH en pasta	U pH	8.19

Se puede apreciar que el Potencial Neto de Neutralización es de 94.03 Kg CaCO<sub>3</sub>/T que es mayor que 20 Kg CaCO<sub>3</sub>/T, por lo tanto no genera drenaje ácido, asimismo la relación PN/PAM, es de 9.85, que de la misma forma significa que la muestra no genera drenaje de acides.

El PH de la muestra es de 8.19, lo cual se puede clasificar como un material ligeramente alcalino.

**b) Procedimiento de lixiviación característica de toxicidad (TCLP)**

El Procedimiento de lixiviación característica de toxicidad (TCLP) determina el mecanismo de las impurezas inorgánicas presentes en una muestra y determina si los lixiviados se clasifican como "peligrosos". La lixiviación se determina con base en el potencial de neutralización de ácido del material. El supuesto agente de lixiviación se agrega a la muestra en una proporción de líquido a sólido de 20:1 y la bandeja de muestra se gira de un lado a otro durante 18 horas. A continuación, la mezcla pura resultante se filtra a través de un filtro de fibra de vidrio de 0,7 µm y se analiza el contenido de metal.

Esta prospección se realiza para la especificación de metales totales y compararlo con las tasas máximas de descarga permisibles para efluentes líquidos de actividades mineras y metalúrgicas, establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú mediante el dictamen judicatura N°010-2010-MINAN.

Tabla XXIII:

Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicos

Parámetro	Unidad	Limites en cualquier momento	Límites para el promedio anual
pH		6-9	6-9
Solidos Totales en Suspensión.	mg/L	50	25
Aceites y grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0.8
Arsénico, As	mg/L	0.1	0.08
Cadmio, Cd	mg/L	0.05	0.04
Cromo Hexavalente	mg/L	0.1	0.08
Cobre, Cu	mg/L	0.5	0.4
Hierro, Fe	mg/L	2	1.6
Plomo, Pb	mg/L	0.2	0.16
Mercurio, Hg	mg/L	0.002	0.0016
Zinc, Zn	mg/L	1.5	1.2

Dado que el relave minero no genera drenaje ácido, procedo a realizar una evaluación adicional de la mezcla mediante el procedimiento TCLP, con la finalidad de evaluar los límites máximos permisibles de la muestra, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla XXIV:

Procedimiento de lixiviación característica de toxicidad (TCLP)-Relave.

Parámetro	Unidad	Resultados S-3837
Plata, Ag	mg/L	<0.005
Aluminio, Al	mg/L	0.86
Arsénico, As	mg/L	45.8
Boro, B	mg/L	0.78
Bario, Ba	mg/L	<0.0002
Berilio, Be	mg/L	<0.0003
Bismuto, Bi	mg/L	<0.009
Calcio, Ca	mg/L	302.35
Cadmio, Cd	mg/L	<0.0001
Cerio, Ce	mg/L	<0.02
Cobalto, Co	mg/L	0.04
Cromo, Cr	mg/L	<0.0003
Cobre, Cu	mg/L	0.22
Hierro, Fe	mg/L	0.15
Mercurio, Hg	mg/L	<0.001
Potasio, K	mg/L	5.62
Litio, Li	mg/L	<0.0003
Magnesio, Mg	mg/L	0.45
Manganeso, Mn	mg/L	0.19
Molibdeno, Mo	mg/L	0.09
Sodio, Na	mg/L	53.21
Níquel, Ni	mg/L	0.01
Fósforo, P	mg/L	0.75
Plomo, Pb	mg/L	< 0.002
Azufre, S	mg/L	315.24
Antimonio, Sb	mg/L	<0.002
Selenio, Se	mg/L	<0.001
Silicio, Si	mg/L	14.36

Estaño, Sn	mg/L	0.01
Estroncio, Sr	mg/L	0.45
Titanio, Ti	mg/L	<0.0007
Talio, Tl	mg/L	<0.0007
Uranio, U	mg/L	<0.005
Vanadio, V	mg/L	0.61
Zinc, Zn	mg/L	0.03
Aceites y grasas	mg/L	<0.001
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	185.23
Cianuro	mg/L	96.56
Cromo VI	mg/L	<0.001
pH en pasta	mg/L	8.19

Nota: Rescatado del Informe de ensayo laboratorio SLAB

De la tabla adjunta por el laboratorio respectivo, se procede a realizar la comparación con los límites máximos permisibles de la muestra de relave, para los cuales se puede apreciar que se tiene 185.23 mg/l de sólidos en suspensión, 96.56 mg/l de Cianuro total y 45.80 mg/l de arsénico que superan a los límites máximos permitidos, por tanto se recomienda desarrollar metodologías para reducir los valores de éstos agentes.

### 3.1.5 Propiedades físicas del ladrillo Elaborado

#### a) Densidad del ladrillo

Para la obtención de la densidad del ladrillo sólido, las muestras se calientan en un horno a 110°C a 115°C y luego se pesan. Para el cálculo del volumen del sólido se puede inferir el empuje de agua sobre el ladrillo, para lo cual debemos tener en cuenta que:

$$E = \rho_{h_2O} \cdot V_{sum}$$

E = Empuje del agua

$\rho_{h_2O}$  = Peso específico del agua = 1.00 gr/cm<sup>3</sup>

$V_{sum}$  = Volumen sumergido

Para sumergir el bloque en el agua se debe calentar parafina y envolver al sólido uniformemente, la parafina evita que el agua ingrese en los poros del ladrillo, luego el bloque se sumerge en un recipiente y se pesa en la balanza de flotabilidad.



Figura 32: Calculo del volumen del bloque en la balanza de Flotabilidad

En la imagen se aprecia el procedimiento para el cálculo de la densidad del ladrillo sólido, mediante la balanza de flotabilidad.

Tabla XXV:  
Densidad de ladrillo R:80 A:20 NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	Bloque gr.	Bloque+Cera gr.	Bloque+Cera (Sumergido) gr.	Cera gr.	Bloque (Sumergido) gr.	Empuje de Agua gr.	Volumen Sumergido cm3	Densidad gr/cm3
1.00	1,145.40	1,315.90	743.56	170.50	573.06	572.34	572.34	2.00
2.00	1,132.30	1,313.80	757.95	181.50	576.45	555.85	555.85	2.04
3.00	1,170.30	1,333.70	754.70	163.40	591.30	579.00	579.00	2.02
<b>DOSIFICACION: R:80 A:20</b>								

$$D_{prom} = \frac{\sum D_i}{n} = \frac{2.00 + 2.04 + 2.02}{3} = 2.02 \text{ gr/cm}^3$$

La densidad promedio del ladrillo obtenido es de 2.02 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabla XXVI:  
Densidad de ladrillo R:70 A:30 NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	Bloque gr.	Bloque+Cera gr.	Bloque+Cera (Sumergido) gr.	Cera gr.	Bloque (Sumergido) gr.	Empuje de Agua gr.	Volumen Sumergido cm3	Densidad gr/cm3
1.00	1,234.20	1,399.40	773.77	165.20	608.57	625.63	625.63	1.97
2.00	1,332.30	1,503.60	820.63	171.30	649.33	682.97	682.97	1.95
3.00	1,180.40	1,351.20	749.67	170.80	578.87	601.53	601.53	1.96
<b>DOSIFICACION: R:70 A:30</b>								

$$D_{prom} = \frac{\sum D_i}{n} = \frac{1.97 + 1.95 + 1.96}{3} = 1.96 \text{ gr/cm}^3$$

La densidad promedio del ladrillo obtenido es de 1.96 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabla XXVII:  
Densidad de ladrillo R:60 A:40 NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	Bloque gr.	Bloque+Cera gr.	Bloque+Cera (Sumergido) gr.	Cera gr.	Bloque (Sumergido) gr.	Empuje de Agua gr.	Volumen Sumergido cm3	Densidad gr/cm3
1.00	1,125.60	1,278.00	691.14	152.40	538.74	586.86	586.86	1.92
2.00	1,253.40	1,416.90	755.96	163.50	592.46	660.94	660.94	1.90
3.00	1,112.30	1,258.10	682.09	145.80	536.29	576.01	576.01	1.93
<b>DOSIFICACION: R:60 A:40</b>								

$$D_{prom} = \frac{\sum D_i}{n} = \frac{1.92 + 1.90 + 1.93}{3} = 1.92 \text{ gr/cm}^3$$

La densidad promedio del ladrillo obtenido es de 1.92 gr/cm3.

**b) Absorción del ladrillo**

Se realizó todos los procedimientos correspondientes para el cálculo de la absorción del ladrillo, en el cual se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla XXVIII:  
Absorción de ladrillos R:80 A:20 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Peso del Agua	%	% DE PROM.
				Absorción	Absorción
1	3,571.70	3,972.30	400.60	11.22%	11.21%
2	3,584.30	3,986.70	402.40	11.23%	
3	3,618.30	4,023.20	404.90	11.19%	
<b>DOSIFICACION: R:80 A:20</b>					

El peso promedio de la unidad es de 3601.3 kg y la absorción es de 11.21%

Tabla XXIX:  
Absorción máxima de ladrillos R:80 A:20 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Peso del Agua	%	% DE PROM.
				Absorción	Absorción
1	3,581.70	4,350.40	768.70	21.46%	21.45%
2	3,593.30	4,350.70	757.40	21.08%	
3	3,616.40	4,405.30	788.90	21.81%	
<b>DOSIFICACION: R:100 A:20</b>					

El peso promedio de la unidad es de 3597.13 kg y la absorción máxima promedio es de 21.45%

Calculando el coeficiente de saturación.

$$C.S. = \frac{\%Abs.}{\%Abs. Max.} = \frac{11.21\%}{21.45\%} = 0.523$$

Tabla XXX:  
Absorción de ladrillos R:70 A:30 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Peso del Agua	%	% DE PROM.
				Absorción	Absorción
1	3,471.70	3,881.40	409.70	11.80%	13.27%
2	3,484.30	3,877.20	392.90	11.28%	
3	3,418.30	3,990.60	572.30	16.74%	
<b>DOSIFICACION: R:70 A:30</b>					

El peso promedio de la unidad es de 3458.10 kg y la absorción promedio es de 13.27%

Tabla XXXI:  
Absorción máxima de ladrillos R:70 A:30 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Peso del Agua	%	% DE PROM.
				Absorción	Absorción
1	3,382.80	4,173.60	790.80	23.38%	23.57%
2	3,454.50	4,265.30	810.80	23.47%	
3	3,419.30	4,235.40	816.10	23.87%	
<b>DOSIFICACION: R:70 A:30</b>					

El peso promedio de la unidad es de 3418.87 kg y la absorción máxima promedio es de 23.57%

Calculando el coeficiente de saturación.

$$C.S. = \frac{\%Abs.}{\%Abs. Max.} = \frac{13.27\%}{23.57\%} = 0.563$$

Tabla XXXII:  
Absorción de ladrillos R:60 A:40 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Peso del Agua	%	% DE PROM.
				Absorción	Absorción
1	3,400.10	3,925.80	525.70	15.46%	15.53%
2	3,380.20	3,888.60	508.40	15.04%	
3	3,355.20	3,895.40	540.20	16.10%	
<b>DOSIFICACION: R:60 A:40</b>					

El peso promedio de la unidad es de 3378.50kg y la absorción promedio es de 15.53%.

Tabla XXXIII:  
Absorción máxima de ladrillos R:60 A:40 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Peso del Agua	%	% DE PROM.
				Absorción	Absorción
1	3,420.30	4,315.70	895.40	26.18%	25.33%
2	3,530.20	4,402.70	872.50	24.72%	
3	3,451.50	4,317.30	865.80	25.08%	
<b>DOSIFICACION: R:60 A:40</b>					

El peso promedio de la unidad es de 3467.33kg y la absorción máxima promedio es de 25.33%

Calculando el coeficiente de saturación.

$$C.S. = \frac{\%Abs.}{\%Abs. Max.} = \frac{15.53\%}{25.33\%} = 0.613$$

### c) Succión del ladrillo

Para determinar la succión, se siguió los siguientes pasos.

Se seca los ladrillos y se obtiene el peso seco (Ps), las unidades se colocan en una bandeja de agua por el lapso de un minuto donde la superficie de asiento tenga contacto a una profundidad de 3 mm de altura de agua, luego retiramos, secamos la superficie y finalmente pesamos (Pm).

La succión se obtiene de:  $succión = \frac{(P_m - P_s) \times 200}{A}$

Pm=Peso húmedo de la unidad.

Ps=Peso inicial Seco de la unidad.

A = Área de superficie de contacto de la unidad con el agua (cm<sup>2</sup>).



Figura 33: Ensayo de Succión de Ladrillos

La imagen muestra el procedimiento para calcular la potencia de succión de los ladrillos, para lo cual se insertó los ladrillos en una bandeja que contiene agua en contacto.

Para el cálculo de la succión se siguió en procedimiento establecido por la norma NTP - 399.613 – 2005, para las 3 proporciones planteadas.

Tabla XXXIV:  
Succión de ladrillos R:80 A:20 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	Ancho cm	Largo cm	Alto cm	Área cm <sup>2</sup>	Peso gr. L. Seco	Peso gr. L. Saturado	Succión gr./200 cm <sup>2</sup> /min.
1	11.4	19.4	8.3	221.16	3,750.80	3,778.40	24.96
2	11.3	19.3	8.4	218.09	3,690.40	3,715.60	23.11
3	11.3	19.3	8.3	218.09	3,650.20	3,676.40	24.03
<b>SUCCIÓN PROMEDIO</b>							24.03
<b>DOSIFICACION: R:80 A:20</b>							

Succión Promedio=24.03gr./200 cm<sup>2</sup>/min >20, por tanto, es necesario humedecer el ladrillo previo al asentado.

Tabla XXXV:  
Succión de ladrillos R:70 A:30 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	Ancho cm	Largo cm	Alto cm	Área cm <sup>2</sup>	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Succión gr./200 cm <sup>2</sup> /min.
1	11.4	19.3	8.3	220.02	3,620.80	3,656.50	32.45
2	11.3	19.3	8.3	218.09	3,630.40	3,669.00	35.40
3	11.5	19.3	8.4	221.95	3,598.20	3,637.40	35.32
<b>SUCCIÓN PROMEDIO</b>							34.39
<b>DOSIFICACION: R:70 A:30</b>							

Succión Promedio=34.39gr./200 cm<sup>2</sup>/min >20, por tanto, es necesario humedecer el ladrillo previo al asentado.

Tabla XXXVI:  
Succión de ladrillos R:60 A:40 – NORMA NTP – 399.613 – 2005

Muestra	Ancho cm	Largo cm	Alto cm	Área cm <sup>2</sup>	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Succión gr./200 cm <sup>2</sup> /min.
1	11.4	19.4	8.4	221.16	3,550.80	3,589.50	35.00
2	11.4	19.3	8.4	220.02	3,580.40	3,619.80	35.81
3	11.3	19.3	8.4	218.09	3,560.20	3,600.40	36.87
<b>SUCCIÓN PROMEDIO</b>							35.89
<b>DOSIFICACION: R.60 A:40</b>							

Succión Promedio=35.89gr./200 cm<sup>2</sup>/min >20, por tanto, es necesario humedecer el ladrillo previo al asentado.

El RNE E.070 Albañilería, en el capítulo 4, “Procedimientos de Construcción”, recomienda que la succión de las unidades arcilla al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200cm<sup>2</sup>-min, por tanto, es recomendable humedecer los ladrillos para evitar que el ladrillo absorba el agua del mortero y perjudique el fraguado de ésta.

**d) Variabilidad dimensional de los ladrillos.**

La variabilidad dimensional determina la altura de las filas, ya que se traduce en grandes variaciones en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero más allá del nivel de 9-12 mm indispensable para la adherencia, lo que resulta en una mampostería menos duradera, en compresión. [14]

Se utiliza el método especificado en las normas NTP 399.613 y 399.604 para determinar la variación en el tamaño de los bloques de piedra.

Se determinó la variabilidad dimensional para los ladrillos elaborados con las distintas dosificaciones recomendadas.

Tabla XXXVII:  
Ensayo de dimensionamiento R:80 A:20 - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	PESO	Largo		Ancho		Altura		AREA	Volumen	Peso Vol.
	gr.	cm.		cm.		cm.		cm.	cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>
1		19.30		11.40		8.30				
1	3,663.30	19.40	19.40	11.30	11.33	8.20	8.28	<b>219.71</b>	<b>1,818.06</b>	<b>2.01</b>
1		19.40		11.30		8.20				
1		19.50		11.30		8.40				
2		19.30		11.20		8.20				
2	3,583.60	19.20	19.28	11.20	11.23	8.30	8.23	<b>216.36</b>	<b>1,779.58</b>	<b>2.01</b>
2		19.30		11.30		8.20				
2		19.30		11.20		8.20				
3		19.30		11.30		8.30				
3	3,654.20	19.30	19.28	11.30	11.25	8.30	8.25	<b>216.84</b>	<b>1,788.96</b>	<b>2.04</b>

3		19.20		11.20		8.20				
3		19.30		11.20		8.20				
<b>Dosificación: R:80 A:20</b>										

Tabla XXXVIII:  
Ensayo de dimensionamiento R:70 A:30 – NORMA NTP – 399.613 – 2005

Muestra	PESO	Largo		Ancho		Altura		AREA	Volumen	Peso Vol.
		cm.		cm.		cm.		cm.	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
1		19.30		11.50		8.60				
1	3,735.60	19.50	19.40	11.60	11.50	8.70	8.60	<b>223.10</b>	<b>1,918.66</b>	<b>1.95</b>
1		19.40		11.40		8.50				
1		19.40		11.50		8.60				
2		19.60		11.60		8.70				
2	3,767.70	19.50	19.43	11.40	11.48	8.60	8.58	<b>223.06</b>	<b>1,913.82</b>	<b>1.97</b>
2		19.30		11.50		8.50				
2		19.30		11.40		8.50				
3		19.30		11.50		8.60				
3	3,695.50	19.40	19.35	11.40	11.45	8.50	8.55	<b>221.56</b>	<b>1,894.32</b>	<b>1.95</b>
3		19.40		11.50		8.60				
3		19.30		11.40		8.50				
<b>Dosificación: R:70 A:30</b>										

Tabla XXXIX:  
Ensayo de dimensionamiento R:60 A:40 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	PESO	Largo		Ancho		Altura		AREA	Volumen	Peso Vol.
		cm.		cm.		cm.		cm.	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
1		19.50		11.40		8.60				
1	3,625.80	19.40	19.40	11.50	11.45	8.60	8.60	<b>222.13</b>	<b>1,910.32</b>	<b>1.90</b>
1		19.30		11.40		8.60				
1		19.40		11.50		8.60				
2		19.50		11.50		8.60				
2	3,685.30	19.40	19.45	11.60	11.50	8.70	8.65	<b>223.68</b>	<b>1,934.79</b>	<b>1.90</b>
2		19.40		11.40		8.70				
2		19.50		11.50		8.60				
3		19.50		11.50		8.60				
3	3,755.20	19.40	19.48	11.60	11.55	8.70	8.65	<b>224.99</b>	<b>1,946.20</b>	<b>1.93</b>
3		19.50		11.50		8.60				
3		19.50		11.60		8.70				
<b>Dosificación R:60 A:40</b>										

e) **Alabeo en los ladrillos**

i. **Medición de concavidad.**

La regla se coloca a lo largo o en diagonal sobre uno de los lados grandes del ladrillo, se inserta una cuña en el lugar correspondiente a la deflexión máxima, se toma la lectura con una precisión de 1 mm y se anota el valor obtenido. [14]

ii. **Medición de convexidad**

Alternativamente, se usa uno de los siguientes métodos:

Se coloca en el borde recto de la regla ya sea en diagonal o en dos bordes opuestos de uno de los lados grandes del ladrillo. Se inserta una cuña en cada vértice y el eje de la regla es diagonal, por lo que ambas cuñas tienen las mismas dimensiones. [14]












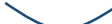










Figura 34: Ensayo de Alabeo de ladrillos





En la imagen se aprecia el ensayo de alabeo, en donde a través de una regla, y una cuña calibrada, se toma los datos de medición de concavidad y convexidad.

Se midió la convexidad y la concavidad, por el cual se tiene los siguientes resultados.

Tabla XL:

Ensayo de alabeo R:80 A:20 -NORMA NTP-399.613-2005

























N°	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR	
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)
M-01	 1.30	 2.10	 1.50	 2.10
	 0.00	 0.00	 0.00	 0.00
M-02	 0.00	 0.00	 0.00	 0.00
	 1.80	 1.60	 1.40	 1.80
M-03	 	 	 	 

	1.60	1.80	2.00	1.50
				
	0.00	0.00	0.00	0.00

Dosificación: R:80 A:20

Tabla XLI:

























Ensayo de alabeo R:70 A:30 -NORMA NTP-399.613-2005

N°	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR	
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)
M-01				
	1.50	2.00	2.00	2.00
				
	0.00	0.00	0.00	0.00
M-02				
	0.00	0.00	0.00	0.00
				
	2.00	1.50	1.50	2.00
M-03				
	1.50	2.00	1.50	1.50
				
	0.00	0.00	0.00	0.00

Dosificación: R:70 A:30

Tabla XLII:

Ensayo de alabeo R:60 A:40 -NORMA NTP-399.613-2005

N°	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR	
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)
M-01				
	1.50	2.00	2.00	2.00
				
	0.00	0.00	0.00	0.00
M-02				
	0.00	0.00	0.00	0.00
				
	2.00	1.50	1.50	2.00
M-03				
	1.50	2.00	1.50	1.50
				
	0.00	0.00	0.00	0.00

Dosificación: R:60 A:40

**f) Eflorescencia de los ladrillos.**

Luego de haber esperado 01 semana donde el ladrillo estuvo en contacto con el agua, se procede a verificar el estado de la misma, en donde se observó lo siguiente:

Tabla XLIII:  
Eflorescencia del ladrillo R:80 A:20- NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Humedecimiento	1° de observación	2° de observación	3° de observación	Resultados de observación
Ief	1- 1.80 cm.	NP	SP	SP	A PARTIR DEL SEGUNDO DIA PRESENTAN ALGUNAS MANCHAS BLANCAS
IIef	1- 2.0 cm.	NP	SP	SP	
IIIef	1- 1.50 cm.	NP	SP	SP	
DOSIFICACION: R:80 A:20					

Tabla XLIV:  
Eflorescencia del ladrillo R:70 A:30 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	Humedecimiento	1° de observación	2° de observación	3° de observación	Resultados de observación
Ief	1- 1.5 cm.	NP	NP	SP	A PARTIR DEL SEGUNDO DIA PRESENTAN ALGUNAS MANCHAS BLANCAS
IIef	1- 2.0 cm.	NP	SP	SP	
IIIef	1- 1.5 cm.	NP	SP	NP	
DOSIFICACION: R:70 A:30					

Tabla XLV:  
Eflorescencia ladrillo R:60 A:40 - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Humedecimiento	1° de observación	2° de observación	3° de observación	Resultados de observación
Ief	1- 2.0 cm.	NP	SP	SP	A PARTIR DEL SEGUNDO DIA PRESENTAN ALGUNAS MANCHAS BLANCAS
IIef	1- 1.5 cm.	NP	SP	SP	
IIIef	1- 2.0 cm.	NP	NP	SP	
DOSIFICACION: R:60 A:40					

**3.1.6 Propiedades mecánicas del ladrillo Producido.**

**a) Resistencia a la compresión individual de los ladrillos**

La resistencia a la compresión axial característica ( $f'b$ ) de la mampostería se determina restando una desviación estándar de la media de la muestra.

$$x = f'b_i = \frac{\text{Carga Rotura (Kg)}}{\text{Area}}, \quad f'b = f'b_{prom.} - Ds$$

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{prom})^2}{n - 1}}$$

$f'b_i$ =Resistencia a la compresión parcial, de cada unidad de albañilería.

$f'b$ = Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería.

$f'b_{prom}$ = Resistencia a la compresión promedio de todas las muestras de unidades de albañilería.

$Ds$ =Desviación estándar

N=número de muestras



Figura 35: Rotura de Ladrillo Dosificación: R: 80 A: 20

En la imagen se aprecia el ensayo de rotura a la compresión de ladrillos, para los cuales se ha empleado, una máquina de compresión calibrada de la universidad.



Figura 36: Rotura de Ladrillo Dosificación: R:70 A:30



Figura 37: Rotura de Ladrillo Dosificación: R:60 A:40

Tabla XLVI:

Compresión individual de ladrillo R:80 A:20 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

1	3,760.80	19.30	11.40	8.30	220.02	1,826.17	2.06
2	3,680.30	19.20	11.30	8.20	216.96	1,779.07	2.07
3	3,690.60	19.30	11.40	8.30	220.02	1,826.17	2.02

1	1,826.17	31,233.00	14,167.05	64.39			
2	1,779.07	31,630.00	14,347.13	66.13			
3	1,826.17	31,550.00	14,310.84	65.04			

Tabla XLVII:

Compresión individual de ladrillo R:70 A:30 – NORMA NTP – 399.613 – 2005

Muestra	Peso gr.	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Área (BRUTA)	Vol. Ladrillo	Peso Volumétrico
					cm <sup>2</sup> .	cm <sup>3</sup> .	gr/cm <sup>3</sup> .
1	3,558.50	19.30	11.20	8.30	216.16	1,794.13	1.98
2	3,392.50	18.90	11.00	8.20	207.90	1,704.78	1.99
3	3,463.17	19.20	10.90	8.40	209.28	1,757.95	1.97

Muestra	Vol. de Ladrillo	Carga en Libras.	Carga Max. kg.	Resistencia de Ladrillo	Dosificación: R:70 A:30
				en Kg/cm <sup>2</sup>	
1	1,794.13	33,383.00	15,142.27	70.05	
2	1,704.78	32,138.00	14,577.55	70.12	
3	1,757.95	32,452.00	14,719.98	70.34	

Tabla XLVIII:

Compresión individual de ladrillo R:60 A:40 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	Peso gr.	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Área (BRUTA)	Vol. Ladrillo	Peso Volumétrico
					cm <sup>2</sup> .	cm <sup>3</sup> .	gr/cm <sup>3</sup> .
1	3,229.31	19.20	11.30	8.20	216.96	1,779.07	1.82
2	3,319.64	19.10	11.20	8.40	213.92	1,796.93	1.85
3	3,334.95	19.30	11.40	8.30	220.02	1,826.17	1.83

Muestra	Vol. De Ladrillo	Carga en Libras.	Carga Max. kg.	Resistencia de Ladrillo	Dosificación: R:60 A:40
				en Kg/cm <sup>2</sup>	
1	1,779.07	28,935.00	13,124.70	60.49	
2	1,796.93	27,840.00	12,628.01	59.03	
3	1,826.17	29,040.00	13,172.32	59.87	

**b) Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo King Kong-artesanal.**

**i. Pilas**

En seguida se elaboró las pilas de ladrillo con uniones de mortero. Para la evaluación de los resultados, es necesario tener en cuenta las siguientes formulas:

$$f_i = \frac{\text{Carga Rotura (kg)}}{\text{Area(cm}^2\text{)}} \quad D_s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{prom.})^2}{n-1}} \quad V\% = \frac{D_s}{f_{i_{prom}}}$$

$$f'm = f_{i_{prom}} \{C_{prom.} \cdot a_1 \cdot [1 - 1.5(v - 0.10)]\}$$

$a_1$  = coeficiente que tiene en cuenta la edad del testigo en el momento del ensayo.

$a_1 = 1.0$  para prismas ensayados a 28 días.

$a_1 = 1.1$  para prismas ensayados en 7 días

Tabla XLIX:

Factor de corrección de  $f'm$  por esbeltez

Factor de corrección de $f'm$ por esbeltez						
Relación h/a	2	2.5	3	4	4.5	5
C	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Nota: RNE E.070-Albañilería-2006

El número mínimo de muestras ensayadas es de 5, y si el cociente de las varianzas de las muestras ensayadas supera 0,10, el valor de  $f'm$  se obtiene multiplicando la media de todos los resultados por un factor.

$$C = 1 - 1.50(v - 0.10)$$

$v$  = es el coeficiente de variación.



Figura 38: Ensayo de Compresión en Pilas R:80 A:20

**ii. Mortero**

Para la elaboración de los ladrillos, se elaboró el mortero para las uniones de los ladrillos, los morteros fueron elaborados con cemento y arena en proporción 1:4 de acuerdo a lo indicado en el RNE E0.70, cuya arena empleada cumple con la

granulometría especificada en las normas correspondientes y está dentro de los usos granulométricos, el cemento empleado para el mortero fue un cemento APU tipo I. El ensayo de rotura se realizó luego de 7 días de fraguado.

Tabla L:

Compresión en pila R:80 A:20 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	PESO (gr)	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Área Bruta cm.	Carga Libras	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	12,853.20	19.40	11.20	28.30	217.28	19,121.60	8,673.41	<b>39.92</b>
2	12,938.40	19.40	11.30	28.40	219.22	19,005.10	8,620.57	<b>39.32</b>
3	12,797.50	19.50	11.30	28.30	220.35	18,899.50	8,572.67	<b>38.90</b>
<b>PROMEDIO</b>								<b>39.38</b>
<b>Dosificación: R:80 A:20</b>								

Tabla LI:

Compresión en pila R:70 A:30 – NORMA NTP – 399.613 – 2005

Muestra	PESO (gr)	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Área bruta (cm <sup>2</sup> ).	Carga Libras	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	12,057.93	19.40	11.10	28.40	215.34	20,831.30	9,448.92	43.88
2	12,015.20	19.30	11.20	28.40	216.16	20,152.10	9,140.84	42.29
3	12,227.55	19.40	11.30	28.50	219.22	20,663.40	9,372.76	42.76
<b>PROMEDIO</b>								<b>42.97</b>
<b>Dosificación: R:70 A:30</b>								

Tabla LII:

Compresión en pila R:60 A:40 - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Muestra	PESO (gr)	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Área Bruta cm <sup>2</sup>	Carga Libras	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	11,687.93	19.30	11.20	28.40	216.16	18,630.00	8,450.43	39.09
2	11,615.20	19.30	11.20	28.30	216.16	18,750.00	8,504.86	39.35
3	11,597.55	19.30	11.30	28.30	218.09	18,564.00	8,420.49	38.61
<b>PROMEDIO</b>								<b>39.02</b>
<b>Dosificación: R:60 A:40</b>								

c) **Análisis químico final de los ladrillos elaborados.**

Luego de quemado los ladrillos, y posteriormente sometido a los ensayos correspondientes, se obtuvieron muestras de las mismas, los cuales se refinaron para el envío de las muestras y evaluar los elementos químicos existentes.

Para entender la tabla 69, es necesario interpretar con las siguientes equivalencias.

<b>S-3949</b>	<b>sólidos en Polvo</b>	<b>M-02 (R:80 A:20)</b>
<b>S-3950</b>	sólidos en Polvo	M-03 (R:70 A:30)
<b>S-3951</b>	sólidos en Polvo	M-04 (R:60 A:40)

Tabla LIII:

Procedimiento de lixiviación característica de toxicidad (TCLP)-Ladrillos

Parámetro	Unidad	Resultados S-3949	Resultados S-3950	Resultados S-3951
Plata, Ag	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005
Aluminio, Al	mg/L	1.13	1.15	1.16
Arsénico, As	mg/L	43.7	40.2	39.86
Boro, B	mg/L	0.76	0.68	0.63
Bario, Ba	mg/L	<0.0002	<0.000	<0.0002
Berilio, Be	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Bismuto, Bi	mg/L	<0.009	<0.009	<0.009
Calcio, Ca	mg/L	310.4	311.3	312.32
Cadmio, Cd	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Cerio, Ce	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02
Cobalto, Co	mg/L	0.04	0.04	0.04
Cromo, Cr	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobre, Cu	mg/L	0.2	0.18	0.17
Hierro, Fe	mg/L	0.13	0.12	0.11
Mercurio, Hg	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio, K	mg/L	4.65	4.55	4.5
Litio, Li	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Magnesio, Mg	mg/L	0.36	0.34	0.32
Manganeso, Mn	mg/L	0.29	0.27	0.24
Molibdeno, Mo	mg/L	0.08	0.06	0.04
Sodio, Na	mg/L	66.01	67.25	68.34
Níquel, Ni	mg/L	0.01	0.01	0.01
Fósforo, P	mg/L	0.54	0.53	0.52
Plomo, Pb	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Azufre, S	mg/L	281.87	262.34	241.32
Antimonio, Sb	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio, Se	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Silicio, Si	mg/L	16.22	15.25	12.45
Estaño, Sn	mg/L	0.01	0.01	0.01
Estroncio, Sr	mg/L	0.3	0.2	0.1
Titanio, Ti	mg/L	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Talio, Tl	mg/L	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Uranio, U	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005
Vanadio, V	mg/L	0.56	0.32	0.28
Zinc, Zn	mg/L	0.02	0.015	0.01
Aceites y grasas	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	62.53	45.36	43.56
Cianuro	mg/L	23.24	23.22	23.21
Cromo VI	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005
pH en pasta	U pH	8.1	8.06	7.98

Nota: Rescatado del Informe de ensayo laboratorio SLAB

De la tabla adjunta por el laboratorio respectivo, se procede a realizar la comparación con los límites máximos permisibles de la muestra de relave, para los cuales se puede apreciar los resultados para la muestra S-3949 en donde, el cianuro total será de 23.24 mg/l, y el arsénico será de 43.70 mg/l que superan los límites máximos permisibles,

asimismo se tiene los resultados para la muestra S-3950 en donde el cianuro total será de 23.22 mg/l, y el arsénico será de 40.20 mg/l que superan los límites máximos permisibles y finalmente los resultados de la muestra S-3951 en donde el cianuro total será de 23.21 mg/l, y el arsénico será de 39.86 mg/l que superan los límites máximos permisibles.

### 3.1.7 Viabilidad del Proyecto.

#### a) Análisis de costos de producción.

Se ha realizado las constataciones del precio comercial del ladrillo artesanal en el centro poblado de Relave, el cual luego de las indagaciones, se determinó el promedio del precio de los ladrillos.

COTIZACION LADRILLO KING KONG SOLIDO ARTESANAL

LUGAR: C.P. RELAVE

FECHA: 07/10/2021

Tabla LIV:

Precio Comercial de 1 millar de ladrillo en el C.P. Relave

PROVEEDOR	PRECIO	COTIZACION
FERRETERIA DASALY	S/970.00	N°-003256
FERRETERÍA LUNAR	S/980.00	N°-001652
FERRETERÍA ELVIRA	S/950.00	N°-002564
PROMEDIO	S/966.67	

Para la elaboración de los ladrillos de relave minero, se debe de tomar en cuenta todas las actividades que implican para elaboración de la misma, por lo que es necesario identificar las partidas que demandan.

Asimismo, dentro del análisis de costos unitarios, se debe tener presente que se consideró que debe existir un horno en un punto estratégico donde la distancia del punto de moldeado y labrado hasta el horno sea como máximo 20km.

Se tiene en cuenta los siguientes costos para las distintas dosificaciones propuestas.

Los costos presentados a continuación ya incluyen el IGV (Impuesto General a la Ventas) correspondiente el 18%.

#### MEDIDA PROMEDIO DE LADRILLOS

LARGO= 19.39 cm  
 ANCHO= 11.48 cm  
 ALTO= 8.58 cm  
 VOL. LADRILLO= 1909.88398 cm<sup>3</sup> = 0.00190988 m<sup>3</sup>

#### VOLUMEN REQUERIDO PARA LA ELABORACION DE 1000 LADRILLOS

VOL= 1.91 m<sup>3</sup>  
 Factor de compactación: 1.10  
 VOL. REAJUSTADO= 2.10 m<sup>3</sup>

Para el cálculo de los costos de producción de los ladrillos, es necesario realizar un análisis de costos unitarios, pues se requiere realizar un desagregado de todos los costos que implican producir la misma, hay que tener en cuenta que para la producción de ladrillos en base a relave minero se debe tomar en cuenta los criterios mínimos de seguridad y salud en el trabajo, así también es necesario contar con un equipo de primeros auxilios.

Dadas estas consideraciones, se procede a realizar el desagregado de costos unitarios con la finalidad de sustentar los costos que implica la producción de los ladrillos.

Tabla LV:

Análisis de precios unitario – Partidas típicas.

<b>Partida:</b>	<b>CORTE Y NIVELACION DE TERRENO PARA EL MOLDEADO Y SECADO DE LADRILLOS</b>			<b>Rendimiento:</b>	<b>1000 m<sup>2</sup>/Día</b>	
				<b>Costo unitario por m<sup>2</sup></b>	<b>0.18</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>					<b>0.17</b>
470010002	OPERARIO	hh	1	0.008	12.5	0.10
470010003	PEON	hh	1	0.008	8.75	0.07
	<b>EQUIPO</b>					<b>0.01</b>
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3	0.17	0.01
<b>Partida:</b>	<b>LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DEL TERRENO PARA EL MOLDEADO Y SECADO DEL LADRILLO</b>			<b>Rendimiento:</b>	<b>1500 m<sup>2</sup>/Día</b>	
				<b>Costo unitario por m<sup>2</sup></b>	<b>0.16</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>					<b>0.16</b>
470010002	OPERARIO	hh	1	0.0053	12.5	0.07
470010003	PEON	hh	2	0.0107	8.75	0.09
<b>Partida:</b>	<b>TRASLADO DEL RELAVE MINERO DE LA RELAVERA HACIA EL LUGAR DE FABRICACIÓN D&lt;50m</b>			<b>Rendimiento:</b>	<b>400 m<sup>3</sup>/Día</b>	
				<b>Costo unitario por m<sup>3</sup></b>	<b>5.28</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>					<b>0.28</b>
470010004	CAPATAZ	hh	0.1	0.002	12.5	0.03
470010002	OPERARIO	hh	1	0.02	12.5	0.25
	<b>EQUIPO</b>					<b>5.00</b>
10020086	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd <sup>3</sup>	hm	1	0.02	250	5.00
<b>Partida:</b>	<b>MOLDEADO, TENDIDO Y SECADO DE LADRILLOS</b>			<b>Rendimiento:</b>	<b>1500 und/Día</b>	
				<b>Costo unitario por und</b>	<b>0.13</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>					<b>0.13</b>
470010004	CAPATAZ	hh	0.1	0.0005	12.5	0.01
470010002	OPERARIO	hh	1	0.0053	12.5	0.07

470010003	PEON	hh	1	0.0053	8.75	0.05
<b>Partida:</b>	<b>CARGUIO DE LADRILLOS HACIA EL HORNO</b>			<b>Rendimiento:</b>	<b>50 mll/Día</b>	
				<b>Costo unitario por mll</b>		<b>24.40</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>					<b>8.40</b>
470010004	CAPATAZ	hh	0.1	0.016	12.5	0.20
470010002	OPERARIO	hh	2	0.32	12.5	4.00
470010003	PEON	hh	3	0.48	8.75	4.20
	<b>EQUIPO</b>					<b>16.00</b>
480010001	CAMION LADRILLERO	hm	1	0.16	100	16.00
<b>Partida:</b>	<b>COLOCACION, APAREJO Y PREPARACION DE LADRILLOS P/QUEMADO EN HORNO</b>			<b>Rendimiento:</b>	<b>60 mll/Día</b>	
				<b>Costo unitario por mll</b>		<b>4.30</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>					<b>4.17</b>
470010004	CAPATAZ	hh	0.1	0.0133	12.5	0.17
470010003	PEON	hh	2	0.2667	8.75	2.33
470010002	OPERARIO	hh	1	0.1333	12.5	1.67
	<b>EQUIPO</b>					<b>0.13</b>
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3	4.17	0.13
<b>Partida:</b>	<b>QUEMADO EN HORNO DE LADRILLOS T&gt;900°C</b>			<b>Rendimiento:</b>	<b>100 mll/Día</b>	
				<b>Costo unitario por mll</b>		<b>93.34</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>					<b>1.80</b>
470010004	CAPATAZ	hh	0.1	0.008	12.5	0.10
470010002	OPERARIO	hh	1	0.08	12.5	1.00
470010003	PEON	hh	1	0.08	8.75	0.70
	<b>MATERIALES</b>					<b>91.49</b>
10020157	GASOLINA	gal		0.3	19.6	5.88
300010029	MADERA PARA LEÑA	ton		0.2	120	24.00
300010030	CARBON DE PIEDRA (Antracita)	ton		0.0533	1156	61.61
	<b>EQUIPO</b>					<b>0.05</b>
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3	1.8	0.05
<b>Partida:</b>	<b>DESCARGA Y CLASIFICACION DE LADRILLOS</b>			<b>Rendimiento:</b>	<b>30 mll/Día</b>	
				<b>Costo unitario por mll</b>		<b>8.58</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>					<b>8.33</b>
470010004	CAPATAZ	hh	0.1	0.0267	12.5	0.33
470010002	OPERARIO	hh	1	0.2667	12.5	3.33
470010003	PEON	hh	2	0.5333	8.75	4.67
	<b>EQUIPO</b>					<b>0.25</b>
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3	8.33	0.25
<b>Partida:</b>	<b>DESPACHO DE LADRILLOS</b>			<b>Rendimiento:</b>	<b>50 mll/Día</b>	
				<b>Costo unitario por mll</b>		<b>20.94</b>

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>					<b>4.80</b>
470010002	OPERARIO	hh	1	0.16	12.5	2.00
470010003	PEON	hh	2	0.32	8.75	2.80
	<b>EQUIPO</b>					<b>16.14</b>
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3	4.8	0.14
480010001	CAMION LADRILLERO	hm	1	0.16	100	16.00
<b>Partida:</b>	<b>KIT DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD</b>			<b>Rendimiento:</b>	<b>gbl</b>	<b>108.57</b>
				<b>Costo unitario por gbl</b>		<b>108.57</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>MATERIALES</b>					<b>108.57</b>
300010009	IMPLEMENTO DE SEGURIDAD	glb		1	108.57	108.57
<b>Partida:</b>	<b>KIT DE IMPLEMENTOS SANITARIOS</b>			<b>Rendimiento:</b>	<b>gbl</b>	<b>20.20</b>
				<b>Costo unitario por gbl</b>		<b>20.20</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>MATERIALES</b>					<b>20.20</b>
300010010	IMPLEMENTOS SANITARIOS	glb		1	20.2	20.20

Tabla LVI:

Análisis de precios unitario –Preparación de mezcla con relave:80 Arena:20.

<b>Partida:</b>	<b>PREPARACION DE MEZCLA HOMOGENEA O BARRO CON RELAVE:80 ARENA:20</b>			<b>Rendimiento:</b>	<b>30 m<sup>3</sup>/Día</b>	
				<b>Costo unitario por m<sup>3</sup></b>	<b>25.17</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>					<b>5.99</b>
470010004	CAPATAZ	hh		0.1	0.0267	12.5
470010002	OPERARIO	hh		1	0.2667	12.5
470010003	PEON	hh		1	0.2667	8.75
	<b>MATERIALES</b>					<b>18.00</b>
70020014	ARENA	m <sup>3</sup>			0.2	50
40010004	RELAVE	m <sup>3</sup>			0.8	0
390010001	AGUA	m <sup>3</sup>			0.4	20
	<b>EQUIPO</b>					<b>0.18</b>
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3	5.99
	<b>SUB-CONTRATOS</b>					<b>1.00</b>
300010028	ALQUILER DE TANQUE O CISTERNA DE AGUA	und			1	1

Tabla LVII:

Análisis de precios unitario –Preparación de mezcla con Relave:70 Arena:30.

<b>Partida: PREPARACION DE MEZCLA HOMOGENEA O BARRO CON RELAVE:70 ARENA:30</b>				<b>Rendimiento: 30 m<sup>3</sup>/Día</b>		
				<b>Costo unitario por m<sup>3</sup></b>		<b>30.17</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
470010004	CAPATAZ	hh	0.1	0.0267	12.5	0.33
470010002	OPERARIO	hh	1	0.2667	12.5	3.33
470010003	PEON	hh	1	0.2667	8.75	2.33
<b>MATERIALES</b>						
70020014	ARENA	m <sup>3</sup>	-	0.3	50	15
40010004	RELAVE	m <sup>3</sup>	-	0.7	0	0.00
390010001	AGUA	m <sup>3</sup>	-	0.4	20	8
<b>EQUIPO</b>						
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3	5.99	0.18
<b>SUB-CONTRATOS</b>						
300010028	ALQUILER DE TANQUE O CISTERNA DE AGUA	und	-	1	1	1

Tabla LVIII:

Análisis de precios unitario –Preparación de mezcla con Relave:60 Arena:40

<b>Partida: PREPARACION DE MEZCLA HOMOGENEA O BARRO CON RELAVE:60 ARENA:40</b>				<b>Rendimiento: 30 m<sup>3</sup>/Día</b>		
				<b>Costo unitario por m<sup>3</sup></b>		<b>35.17</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
470010004	CAPATAZ	hh		0.027	12.50	0.33
470010002	OPERARIO	hh		0.267	12.50	3.33
470010003	PEON	hh		0.267	8.75	2.33
<b>MATERIALES</b>						
70020014	ARENA	m <sup>3</sup>		0.400	50.00	20.00
390010001	AGUA	m <sup>3</sup>		0.400	20.00	8.00
<b>EQUIPO</b>						
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.000	5.99	0.18
<b>SUB-CONTRATOS</b>						
300010028	ALQUILER DE TANQUE O CISTERNA DE AGUA	und		1.000	1.00	1.00

De la misma forma, se procede a realizar el desagregado del kit de seguridad, kit sanitario y de los costos indirectos, con la finalidad de alcanzar un costo real de producción.

Tabla LIX:

## Análisis de Kit de Implementos de Seguridad.

ITEM	IMPLEMENTOS	UND.	CANT.	P.U. (S/.)	PARCIAL (s/.)
1.00	Cascos con tapasol	und.	5.00	S/32.00	S/ 160.00
2.00	Guantes de hilo con palma de látex	par.	10.00	S/28.00	S/ 280.00
3.00	Guantes de jebe	par.	10.00	S/27.00	S/ 270.00
6.00	Lentes de Seguridad	und.	5.00	S/15.00	S/ 75.00
7.00	Mascarilla para polvo	und.	150.00	S/5.00	S/ 750.00
8.00	Polos Manga Larga	und.	10.00	S/47.00	S/ 470.00
10.00	Zapatos de seguridad	par.	10.00	S/60.00	S/ 600.00
11.00	Botas de jebe	par.	10.00	S/40.00	S/ 400.00
13.00	Botiquin <sup>(1)</sup>	und.	1.00	S/252.00	S/ 252.00
<b>COSTO MENSUAL DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD:</b>					<b>S/ 3,257.00</b>
<b>COSTO POR MILLAR DE LADRILLO DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD:</b>					<b>S/ 108.57</b>

Tabla LX:

## Análisis de Kit de implementos Sanitarios

ITEM	IMPLEMENTOS	UND.	CANT.	P.U. (S/.)	PARCIAL (s/.)
1.00	Caja organizadora de plástico	und	1.00	S/45.00	S/ 45.00
2.00	Balde portable con caño para lavado de manos	und	1.00	S/55.00	S/ 55.00
3.00	Tinas (misma cantidad que el balde)	und	1.00	S/15.00	S/ 15.00
4.00	Jabón liquido	lt	2.00	S/10.00	S/ 20.00
5.00	Alcohol gel	lt	2.00	S/40.00	S/ 80.00
6.00	Papel toalla	und	6.00	S/7.50	S/ 45.00
7.00	Tachos de basura	und	1.00	S/50.00	S/ 50.00
8.00	Bolsas plásticas	cto	0.50	S/12.00	S/ 6.00
9.00	Alquiler de Servicios higiénicos	mes	1.00	S/150.00	S/ 150.00
10.00	Ducha de emergencia	und	1.00	S/80.00	S/ 80.00
11.00	Agua para ducha	m3	3.00	S/20.00	S/ 60.00
<b>COSTO MENSUAL DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD:</b>					<b>S/ 606.00</b>
<b>COSTO DE IMPLEMENTOS SANITARIOS POR MILLAR DE LADRILLO:</b>					<b>S/ 20.20</b>

Tabla LXI:

## Análisis de Costos indirectos.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	P.U.	PARCIAL
<b>1.0</b>	<b>DIRECCIÓN TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA.</b>				
1.10	Responsable técnico de Producción.	Mes	1.00	S/2,500.00	S/ 2,500.00
1.20	Jefe de Producción.	Mes	1.00	S/1,500.00	S/ 1,500.00
1.30	Ayudante de jefe de producción.	Mes	1.00	S/1,200.00	S/ 1,200.00
1.40	Enfermera.	Mes	1.00	S/1,800.00	S/ 1,800.00
<b>2.0</b>	<b>PÓLIZA DE SEGURO<sup>(3)</sup></b>				
2.10	* Trabajadores	Mes	1.00	S/150.00	S/ 150.00
2.20	* Personal técnico y administrativo	Mes	1.00	S/120.00	S/ 120.00
<b>3.0</b>	<b>OTROS</b>				

3.10	Agua de mesa purificada y ozonizada p/consumo humano	lt	270.00	S/2.90	S/ 783.00
3.20	Útiles de escritorio <sup>(6)</sup>	Global	1.00	S/120.00	S/ 120.00
<b>COSTOS MENSUALES INDIRECTOS:</b>					<b>S/ 8,173.00</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS POR MILLAR DE LADRILLO:</b>					<b>S/ 272.43</b>

Tabla LXII:

Presupuesto para 1 millar de ladrillo (R: 80 A: 20)

Item	Descripción	Unid	Cant.	Precio	Parcial
<b>1</b>	<b>LADRILLOS (RELAVE:80 ARENA:20)</b>				<b>494.68</b>
<b>1.1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>20.4</b>
1.1.1	CORTE Y NIVELACION DE TERRENO PARA EL MOLDEADO Y SECADO DE LADRILLOS	m <sup>2</sup>	60	0.18	10.8
1.1.2	LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DEL TERRENO PARA EL MOLDEADO Y SECADO DEL LADRILLO	m <sup>2</sup>	60	0.16	9.6
<b>1.2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>63.95</b>
1.2.1	TRASLADO DEL RELAVE MINERO DE LA RELAVERA HACIA EL LUGAR DE FABRICACIÓN D<50m	m <sup>3</sup>	2.1	5.28	11.09
1.2.2	PREPARACION DE MEZCLA HOMOGENEA O BARRO CON RELAVE:80 ARENA:20	m <sup>3</sup>	2.1	25.17	52.86
<b>1.3</b>	<b>FABRICACION DE LADRILLOS</b>				<b>281.56</b>
1.3.1	MOLDEADO, TENDIDO Y SECADO DE LADRILLOS	und	1000	0.13	130
1.3.2	CARGUIO DE LADRILLOS HACIA EL HORNO	mll	1	24.4	24.4
1.3.3	COLOCACION, APAREJO Y PREPARACION DE LADRILLOS P/QUEMADO EN HORNO	mll	1	4.3	4.3
1.3.4	QUEMADO EN HORNO DE LADRILLOS T>900°C	mll	1	93.34	93.34
1.3.5	DESCARGA Y CLASIFICACION DE LADRILLOS	mll	1	8.58	8.58
1.3.6	DESPACHO DE LADRILLOS	mll	1	20.94	20.94
<b>1.4</b>	<b>KIT</b>				<b>128.77</b>
1.4.1	KIT DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	gbl	1	108.57	108.57
1.4.2	KIT DE IMPLEMENTOS SANITARIOS	gbl	1	20.2	20.2
Costo Directo					494.68
Gastos Generales					272.43
Presupuesto Total					767.11

Tabla LXIII:

Presupuesto para 1 millar de ladrillo (R:70 A:30)

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial
2	<b>LADRILLOS (RELAVE:70 ARENA:30)</b>				505.18
2.1	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				20.40
2.1.1	CORTE Y NIVELACION DE TERRENO PARA EL MOLDEADO Y SECADO DE LADRILLOS	m <sup>2</sup>	60.00	0.18	10.80
2.1.2	LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DEL TERRENO PARA EL MOLDEADO Y SECADO DEL LADRILLO	m <sup>2</sup>	60.00	0.16	9.60
2.2	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				74.45
2.2.1	TRASLADO DEL RELAVE MINERO DE LA RELAVERA HACIA EL LUGAR DE FABRICACIÓN D<50m	m <sup>3</sup>	2.10	5.28	11.09
2.2.2	PREPARACION DE MEZCLA HOMOGENEA O BARRO CON RELAVE:70 ARENA:30	m <sup>3</sup>	2.10	30.17	63.36
2.3	<b>FABRICACION DE LADRILLOS</b>				281.56
2.3.1	MOLDEADO, TENDIDO Y SECADO DE LADRILLOS	und	1000.00	0.13	130.00
2.3.2	CARGUIO DE LADRILLOS HACIA EL HORNO	mll	1.00	24.40	24.40
2.3.3	COLOCACION, APAREJO Y PREPARACION DE LADRILLOS P/QUEMADO EN HORNO	mll	1.00	4.30	4.30
2.3.4	QUEMADO EN HORNO DE LADRILLOS T>900°C	mll	1.00	93.34	93.34
2.3.5	DESCARGA Y CLASIFICACION DE LADRILLOS	mll	1.00	8.58	8.58
2.3.6	DESPACHO DE LADRILLOS	mll	1.00	20.94	20.94
2.4	<b>KIT</b>				128.77
2.4.1	KIT DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	gbl	1.00	108.57	108.57
2.4.2	KIT DE IMPLEMENTOS SANITARIOS	gbl	1.00	20.20	20.20
Costo Directo					505.18
Costos Indirectos					272.43
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>777.61</b>

Tabla LXIV:

Presupuesto para 1 millar de ladrillo (R:60 A:40)

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial
3	<b>LADRILLOS (RELAVE:60 ARENA:40)</b>				<b>515.68</b>
3.1	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>20.4</b>
3.1.1	CORTE Y NIVELACION DE TERRENO PARA EL MOLDEADO Y SECADO DE LADRILLOS	m <sup>2</sup>	60	0.18	10.8
3.1.2	LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DEL TERRENO PARA EL MOLDEADO Y SECADO DEL LADRILLO	m <sup>2</sup>	60	0.16	9.6
3.2	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>84.95</b>
3.2.1	TRASLADO DEL RELAVE MINERO DE LA RELAVERA HACIA EL LUGAR DE FABRICACIÓN D<50m	m <sup>3</sup>	2.1	5.28	11.09
3.2.2	PREPARACION DE MEZCLA HOMOGENEA O BARRO CON RELAVE:60 ARENA:40	m <sup>3</sup>	2.1	35.17	73.86
3.3	<b>FABRICACION DE LADRILLOS</b>				<b>281.56</b>

3.3.1	MOLDEADO, TENDIDO Y SECADO DE LADRILLOS	und	1000	0.13	130
3.3.2	CARGUIO DE LADRILLOS HACIA EL HORNO	mll	1	24.4	24.4
3.3.3	COLOCACION, APAREJO Y PREPARACION DE LADRILLOS P/QUEMADO EN HORNO	mll	1	4.3	4.3
3.3.4	QUEMADO EN HORNO DE LADRILLOS T>900°C	mll	1	93.34	93.34
3.3.5	DESCARGA Y CLASIFICACION DE LADRILLOS	mll	1	8.58	8.58
3.3.6	DESPACHO DE LADRILLOS	mll	1	20.94	20.94
3.4	<b>KIT</b>				<b>128.77</b>
3.4.1	KIT DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	gbl	1	108.57	108.57
3.4.2	KIT DE IMPLEMENTOS SANITARIOS	gbl	1	20.2	20.2
				Costo Directo	515.68
				Costos Indirectos	272.43
				<b>COSTO TOTAL</b>	<b>788.11</b>

**b) Financiamiento del proyecto.**

En virtud de la Ley N° 28271, Ley de Responsabilidad Ambiental Minera, el Plan de Cierre de Responsabilidad Ambiental Minera permite el establecimiento de fábricas artesanales o industriales para el reciclaje de residuos mineros mediante la fabricación de unidades de albañilería, como un método de remediación de pasivos ambientales. Las deudas ambientales a cargo del Estado en virtud del artículo 5 de esta Ley serán financiadas por el Fondo Nacional del Ambiente – FONAM. FONAM es responsable de captar fondos internacionales para cooperación financiera, donaciones, canjes de deuda y otros recursos para evitar impactos en el erario nacional.

**c) Obtención de Materia Prima**

La Ley N° 28271, es la que regula los pasivos medio ambientales mineros, resalta que los pasivos ambientales son de responsabilidad de los concesionarios y en su artículo 11 indica que estos pasivos ambientales se pueden reaprovechar ya sea por el concesionario o por terceros, donde sea necesario solicitar e implementar medidas ambientales de control, mitigación, remediación y cierre.

Cuando una empresa presente un plan de cierre de minas para eliminar la responsabilidad ambiental, la empresa deberá emprender investigación, acción y ejecución de trabajos, para controlar, o eliminar los efectos contaminantes o dañinos al medio ambiente, la no presentación de un Plan de Cierre Minero Ambiental Responsable puede resultar en multas de hasta 600 UIT para el propietario.

**d) Medidas de Seguridad y Salud Laboral mínimas durante la producción.**

Los aspectos de seguridad en la producción de ladrillos están destinados a prevenir riesgos laborales y proteger la salud, la integridad física y mental de los trabajadores involucrados en la producción.

- Cada cuadrilla debe contar con personal capacitado en atención de accidentes, el que contará como mínimo con un botiquín.

- En accidentes laborales si no hay suficientes centros de ayuda de almacén, puede recurrir a la ayuda de los centros de salud.
- Como parte de las actividades de capacitación y charlas de inducción, se determinó que se deben realizar charlas generales con los trabajadores en general sobre cómo enfrentar las situaciones de emergencia que se presenten durante las obras de construcción.
- Se debe proveer a todo el personal cascos, máscaras, lentes, guantes, botas y overol; es obligatorio el uso de los EPPS durante los trabajos, para evitar salpicaduras de materiales o con elementos químicos, las mascarar o respiradores deben tener filtro para gases.
- Se deberá asegurar en los lugares de trabajo una adecuada circulación de aire fresco, asimismo se debe contar con duchas de emergencia cerca de la zona de trabajo, con la finalidad de lavar con abundante agua de manera constante durante 15 minutos en caso de entrar en contacto con sustancias químicas.
- Se debe contar con un plan de servicio de urgencias inmediatas para poder reaccionar de manera inmediata en caso de situaciones asociadas a la intoxicación por agentes químicos, este plan debe contar con un profesional de salud capacitado para este tipo de situaciones, debe estar preparado para admitir pacientes con síntomas clínicos confirmados o sospechados de intoxicación, eventos traumáticos, intoxicación por abuso de sustancias y víctimas de incidentes delictivos o suicidios relacionados con sustancias tóxicas.
- El manejo de pacientes contaminados con químicos debe ser tratado de manera interdisciplinario para evitar la contaminación del personal que atiende y trata a estos pacientes; En representación del equipo de coordinación médico-enfermera-paramédico requerido para este servicio. Es importante conocer la historia de la enfermedad para determinar el agente causal, el tiempo de exposición, la vía de administración (oral, inhalada o cutánea) y estimar la dosis. El tratamiento de cualquier intoxicación aguda debe ser rápido, con registro de signos vitales, permeabilidad de las vías respiratorias y evaluación neurológica.

Los aspectos de seguridad actuales en la fabricación de ladrillos deben estar orientados a evitar riesgos laborales y proteger la integridad física y psíquica del personal trabajador que intervienen en la fabricación.

- Cada tripulante debe estar equipado con personal capacitado en atención de heridos y al menos un botiquín de primeros auxilios, asimismo cada trabajador debe ser evaluado de manera minuciosa, es decir se le debe realizar exámenes de salud correspondientes.

- Se debe disponer de instalaciones médicas para asistencia en caso de accidente durante el trabajo o si los centros de apoyo en el campamento no son suficientes.
- Como parte de las actividades de capacitación y sesiones informativas de inducción, generalmente se prescribe que los trabajadores reciban una sesión informativa general sobre los procedimientos de emergencia que pueden surgir durante las operaciones de construcción.
- Los trabajadores deben estar provistos de cascos, máscaras, gafas, guantes, botas y overol impermeable. Asimismo, es obligatorio el uso de EPPS durante el trabajo y se requieren filtros de gas en máscaras o respiradores para evitar salpicaduras de materiales y elementos químicos
- Proveer una adecuada circulación de aire fresco en el lugar de trabajo.
- No se debe estar en contacto directo con los relaves durante la producción, es recomendable emplear herramientas, equipos o maquinas mecánicas que agilicen los procedimientos.

Para la producción de relaves en todo el procedimiento es recomendable ejecutar a través de maquinarias y equipos mecánicos, con la finalidad de que los trabajadores no entren en contacto directo con el relave minero. Para la mezcla es recomendable el empleo de maquina mezcladora, para el moldeo es recomendable el empleo de una extrusora,

### 3.2 Presentación e interpretación de resultados.

En base a la encuesta realizada, se obtuvieron las siguientes conclusiones.

¿Le interesaría que Transformen los relaves mineros en ladrillos para la construcción?

50 respuestas.

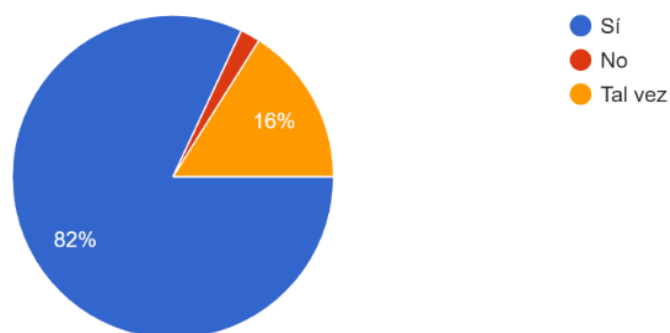


Figura 39: Resultados de Cuestionario N°11

¿Si hubiera una técnica o procedimiento para la elaboración de ladrillos a partir de relaves, consideras que toda empresa minera debería implementar estos procedimientos con el objetivo de mitigar la contaminación ambiental?

49 respuestas.



Figura 40: Resultados de Cuestionario N°15

¿Compraría un ladrillo elaborado con relave minero?

40 respuestas.

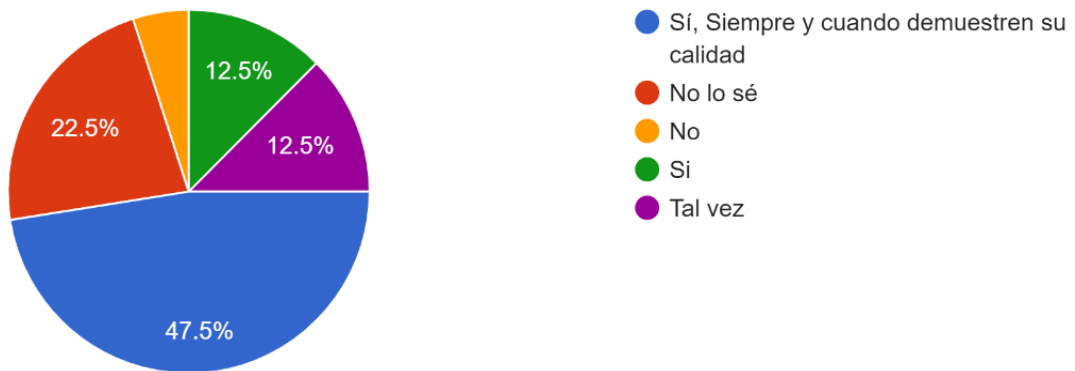


Figura 41: Resultados de Cuestionario N°17

### 3.2.1 Propiedades físicas del relave minero.

#### a) Peso específico del relave.

Visto la tabla N°10, en el cual se realizó el ensayo del picnómetro para 3 muestras, se tiene los siguientes valores de peso específico, tal como se muestra en la tabla.

Tabla LXV:

Cálculo del Peso específico Promedio del relave minero.

N° PICNOM.	X (P.e)	$\Sigma X$	N	$\Sigma X/N$ (Promedio)
P-01	2.59	7.75	3	2.58
P-02	2.58			
P-03	2.58			

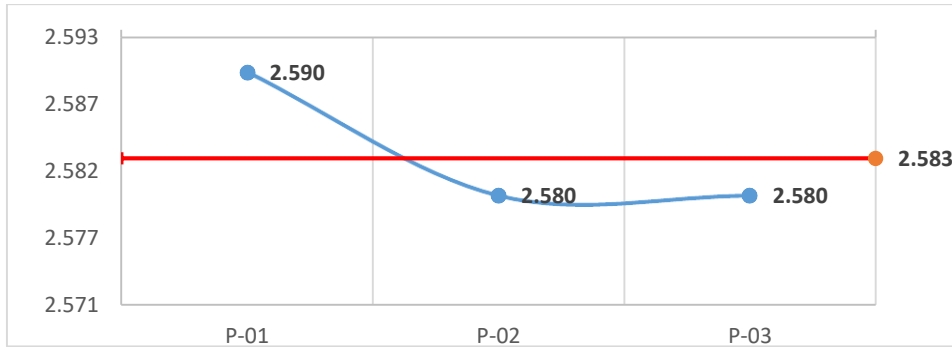


Figura 42: Peso Específico Promedio del relave minero

**b) Peso volumétrico del relave.**

Para el peso volumétrico del relave, calcularé tanto el peso unitario suelto y el peso unitario compactado.

Tabla LXVI:

Cálculo del Peso Unitario Suelto Promedio del relave minero.

MUESTRA	X (P.u.s.)	$\Sigma X$	N	$\Sigma X/N$ (Promedio)
M-01	1.295	3.889	3	1.296
M-02	1.298			
M-03	1.296			

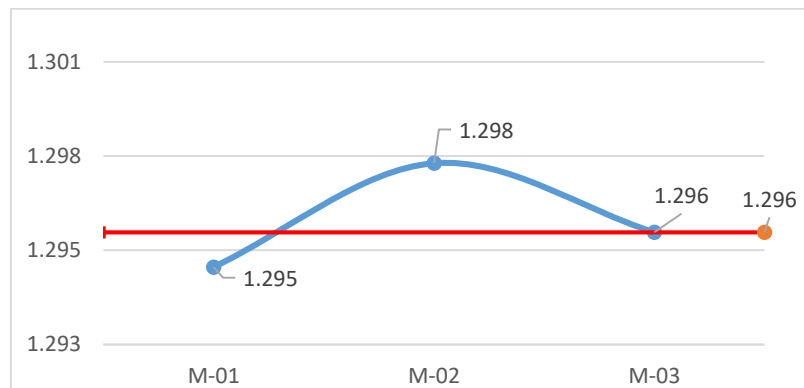


Figura 43: Peso Unitario Suelto Promedio del relave minero

Tabla LXVII:

Cálculo del Peso Unitario Compactado Promedio del relave minero.

MUESTRA	X (P.u.c.)	$\Sigma X$	N	$\Sigma X/N$ (Promedio)
M-01	1.468	4.354	3	1.451
M-02	1.453			
M-03	1.433			

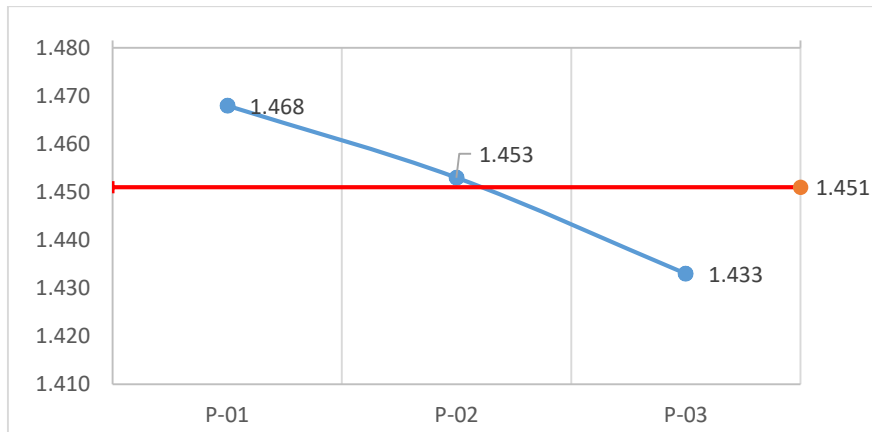


Figura 44: Peso Unitario Compactado Promedio del relave minero

**c) La porosidad(n).**

Para el cálculo de la porosidad, es necesario definir la densidad real y la densidad aparente.

La densidad real se puede definir como el peso específico del relave minero.

La densidad Aparente se puede definir en razón al peso unitario compactado del relave minero.

$$n = \frac{\rho_{real} - \rho_{aparente}}{\rho_{real}}$$

Por lo tanto, la porosidad es el resultado del siguiente cálculo:

$$n = \frac{2.583 - 1.451}{2.583} = 0.4382 = 43.82\%$$

Por lo tanto, la cantidad de vacíos en relave minero es del 43.82%

**d) Grado de cementación.**

De acuerdo a lo observado en el laboratorio al formar pequeños cubos de 1cmx1cmx1cm y presionar con los dedos, se pudo determinar que el grado de cementación del relave minero es **MODERADO**, debido a que se desmorona bajo una considerable presión de los dedos.

**3.2.2 Clasificación según SUCS y AASTHO**

En base al análisis granulométrico, el límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad, clasificaremos el suelo bajo los lineamientos del SUCS y del AASTO, de lo cual se obtuvo las siguientes clasificaciones:

a) **Clasificación del suelo -Ensayo N°01**

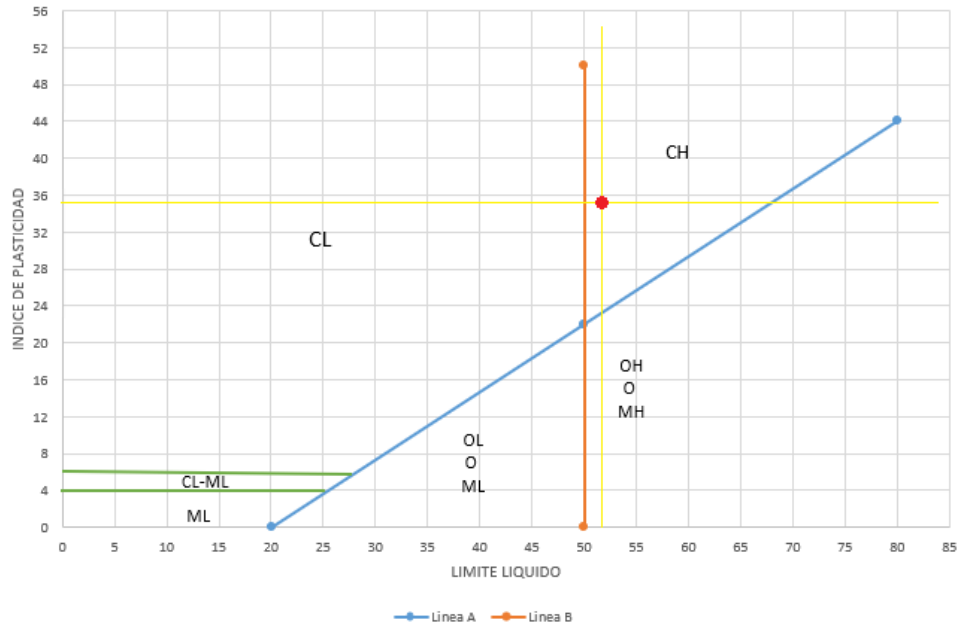
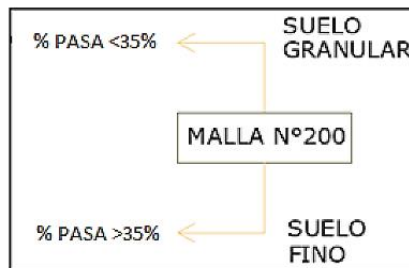


Figura 45: Clasificación de Suelo Por SUCS (M-01)

Del gráfico mostrado, se puede clasificar al suelo como una **ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD (CH)**.

TIPO DE SUELO



% PASA N° 200	TIPO DE SUELO
63.72	FINO

Suelo Arcilla-Limo

LIMITE LIQUIDO (L.L.)	51.80	A-7
INDICE PLASTICO (I.P.)	35.50	

Como el Limite líquido  $IP=35.50 \geq 51.80-30=21.80$  -> la clasificación es (A-7-6)

$$IG = (F_{200} - 35) \times [0.20 + 0.005 \times (LL - 40)] + 0.01 \times (F_{200} - 15) \times (IP - 10)$$

$F_{200}$  = % que pasa el Tamiz N°200

$$IG = (63.72 - 35) \times [0.20 + 0.005 \times (51.80 - 40)] + 0.01 \times (63.72 - 15) \times (35.50 - 10)$$

$$IG = 19.8621 \rightarrow IG = 20$$

Tabla LXVIII:

Clasificación de Suelos AASTHO (M-01)

Clasificación general	Materiales Granulares							Materiales limoso arcilloso			
	35% o menos para por el tamiz N°200							(más del 35% pasas el tamiz N°200)			
Grupo	A-1		A3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b									A-7-5
											A-7-6
porcentaje que pasa:											
N°10 (2mm)	50 máx.										
N°40 (0.425mm)	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N°200 (0.075mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 max				36 min.			
Características de la fracción que pasas por el tamiz N°40											
Limite Liquido	6 max.		NP (1)	40 max.	41 min.	40 max.	41 max.	40 max.	41 min.	40 max.	41 max. (2)
Índice de plasticidad				10 max.	10 max.	11 min.	11 min.	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Constituyentes Principales	Fragmentos de Roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

Nota: Rescatado de la Norma ASTM D-3282

Finalmente, la clasificación del suelo por AASTHO será A-7-6 (20), que es un suelo limo arcilloso con Índice de grupo 20.

b) Clasificación del suelo -Ensayo N°02

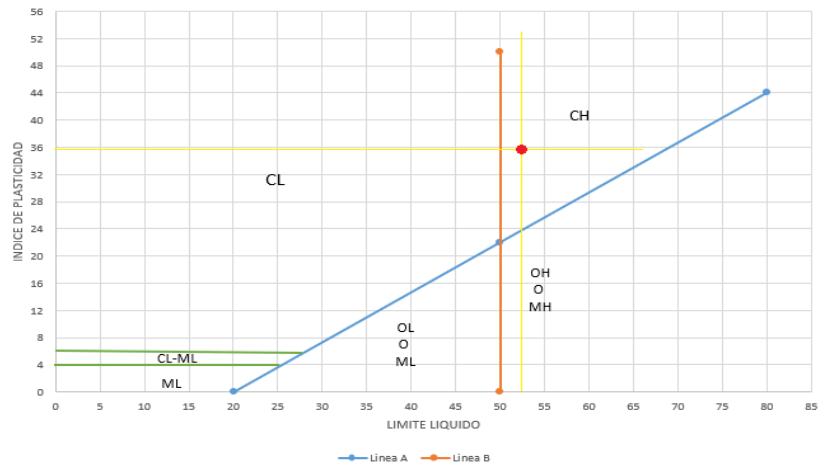
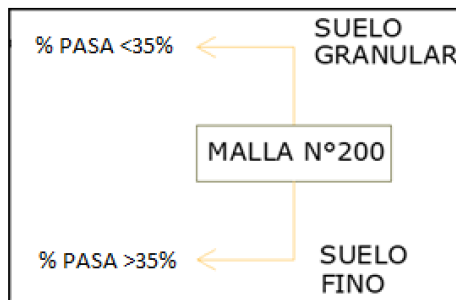


Figura 46: Clasificación de Suelo Por SUCS (M-02)  
 La clasificación del suelo en el ensayo N°02, corresponde a una **ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD (CH)**.

TIPO DE SUELO



% PASA N° 200	TIPO DE SUELO
62.27	FINO

Suelo Arcilla-Limo

LIMITE LIQUIDO (L.L.)	52.40	>40%	A-7
INDICE PLASTICO (I.P.)	35.90	>10%	

Como el Limite líquido  $IP=35.90 \geq 52.40-30=22.40 \rightarrow$  la clasificación es (A-7-6)

$$IG = (F_{200} - 35) \times [0.20 + 0.005 \times (LL - 40)] + 0.01 \times (F_{200} - 15) \times (IP - 10)$$

$F_{200}$  = % que pasa el Tamiz N°200

$$IG = (62.27 - 35) \times [0.20 + 0.005 \times (52.40 - 40)] + 0.01 \times (62.27 - 15) \times (35.90 - 10)$$

$$IG = 19.79 \rightarrow IG = 20$$

Tabla LXIX:  
Clasificación de Suelos AASTHO (M-02)

Clasificación general	Materiales Granulares							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasas el tamiz N°200)			
	35% o menos para por el tamiz N°200										
Grupo	A-1		A3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b									A-7-5
porcentaje que pasa:											
N°10 (2mm)	50 máx.										
N°40 (0.425mm)	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N°200 (0.075mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 max				36 min.			
Características de la fracción que pasas por el tamiz N°40											
Limite Liquido	6 max.		NP (1)	40 max.	41 min.	40 max.	41 max.	40 max.	41 min.	40 max.	41 max. (2)
Índice de plasticidad				10 max.	10 max.	11 min.	11 min.	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Constituyentes Principales	Fragmentos de Roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

Nota: Rescatado de la Norma ASTM D-3282

Finalmente, la clasificación del suelo por AASTHO será A-7-6 (20), que es un suelo limo arcilloso con Índice de grupo 20.

c) **Clasificación del suelo -Ensayo N°03**

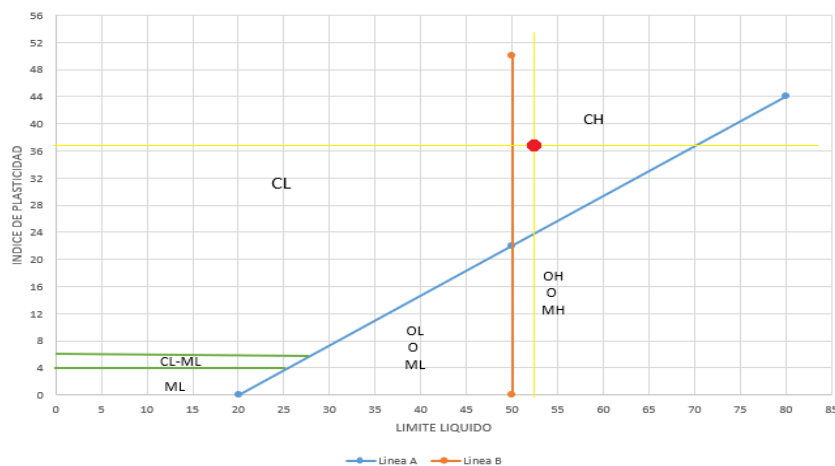
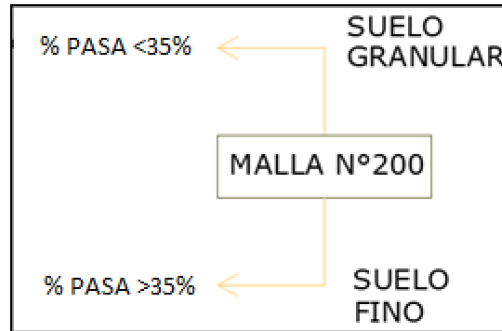


Figura 47: Clasificación de Suelo Por SUCS (M-03)

La clasificación del suelo en el ensayo N°03, corresponde a una ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD (CH).

TIPO DE SUELO



% PASA N° 200    TIPO DE SUELO  
63.58                    FINO

Suelo Arcilla-Limo

LIMITE LIQUIDO (L.L.)                    52.50                    >40%                    A-7  
INDICE PLASTICO (I.P.)                    36.70                    >10%

Como el Limite líquido  $IP=36.70 \geq 52.50-30=22.50$  -> la clasificación es (A-7-6)

$$IG = (F_{200} - 35) \times [0.20 + 0.005 \times (LL - 40)] + 0.01 \times (F_{200} - 15) \times (IP - 10)$$

$F_{200}$  = % que pasa el Tamiz N°200

$$IG = (63.58 - 35) \times [0.20 + 0.005 \times (52.50 - 40)] + 0.01 \times (63.58 - 15) \times (36.70 - 10)$$

$$IG = 20.47 \rightarrow IG = 20$$

Tabla LXX:

Clasificación de Suelos AASTHO (M-03)

Clasificación general	Materiales Granulares							Materiales limoso arcilloso			
	35% o menos para por el tamiz N°200							(más del 35% pasas el tamiz N°200)			
Grupo	A-1		A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b									A-7-5
porcentaje que pasa:											A-7-6
N°10 (2mm)	50 máx.										
N°40 (0.425mm)	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N°200 (0.075mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.			35 max				36 min.	
Características de la fracción	6 max.		NP (1)								

que pasas por el tamiz N°40										
Limite Liquido			40 max.	41 min.	40 max.	41 max.	40 max.	41 min	40 max.	41 max. (2)
Índice de plasticidad			10 max.	10 max.	11 min.	11 min.	10 max.	10 max.	11 min	11 min.
Constituyentes Principales	Fragmentos de Roca, grava y arena	Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos	Suelos arcillosos		
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo			

Nota: Rescatado de la Norma ASTM D-3282

Finalmente, clasificamos al suelo como un A-7-6 (20), el cual se puede clasificar como un suelo limo arcilloso con Índice de grupo 20.

### 3.2.3 Propiedades químicas del Relave Minero.

Visto la tabla N°024, en donde se presenta los resultados del Test Balance Acido-Base (ABA) del relave minero, se puede deducir que:

$$PNN = PN - PAM$$

$PNN = 94.19 - 9.85 = 84.34 > 20$ , por lo tanto NO GENERA DRENAJE ACIDO.

$PNN = 94.19 / 9.85 = 9.562437 > 3$ , por lo tanto NO GENERA DRENAJE ACIDO.

Por otro lado en base a la tabla N°04, en donde se establece los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades de minería, asimismo visto la tabla N°025, en donde se presenta los resultados del procedimiento de lixiviación característica de toxicidad (TCLP) del Relave, se procede a realizar el comparativo para verificar si la muestra de relave está dentro del parámetro establecido por el ministerio del ambiente.

Tabla LXXI:  
Agentes químicos existentes en Relave VS Límites Permisibles-MINAN.

Parámetro	Unidad	Resultados S-3837	Límites en cualquier momento	Comparación
pH		8.19	6-9	Dentro del limite
Sólidos Totales en Suspensión.	mg/L	185.23	50	Supera el Limite
Aceites y grasas	mg/L	<0.001	20	No se encontró aceites y grasas
Cianuro Total	mg/L	96.56	1	Supera el Limite
Arsénico, As	mg/L	45.8	0.1	Supera el Limite
Cadmio, Cd	mg/L	<0.0001	0.05	No se encontró Cadmio
Cromo Hexavalente	mg/L	<0.001	0.1	No se encontró Cromo VI
Cobre, Cu	mg/L	0.22	0.5	Dentro del limite
Hierro, Fe	mg/L	0.15	2	Dentro del limite
Plomo, Pb	mg/L	<0.002	0.2	No se encontró Plomo
Mercurio, Hg	mg/L	<0.001	0.002	Dentro del limite
Zinc, Zn	mg/L	0.03	1.5	Dentro del limite

En la tabla 25, se muestra el análisis químico del relave posicionado en las Relaveras, en la cual observamos que hay ciertos parámetros que están encima de los permisibles, tal como se muestra en el comparativo de la tabla 70 donde observamos que, de acuerdo a los límites máximos permisibles de descarga de las actividades de minería y fundición establecidos por el MINÁN, el relave supera a lo permitido en los siguientes parámetros, sólidos totales en suspensión, cianuro total y arsénico, por lo que es necesario desarrollar metodologías para controlar estos agentes, tal como el método de microencapsulación, y evaluar su eficiencia para la producción de materiales de construcción, pues el propósito es fabricar ladrillos que no sean perjudiciales para la salud humana.

### 3.2.4 Propiedades físicas del ladrillo Elaborado

#### a) Densidad de los ladrillos

Tabla LXXII:  
Densidad promedio de ladrillo dosificación R: 80 A: 20

Muestra	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	$\Sigma X$	N	$\Sigma X/N$ (Promedio)
M-01	2	6.06	3	2.02
M-02	2.04			
M-03	2.02			

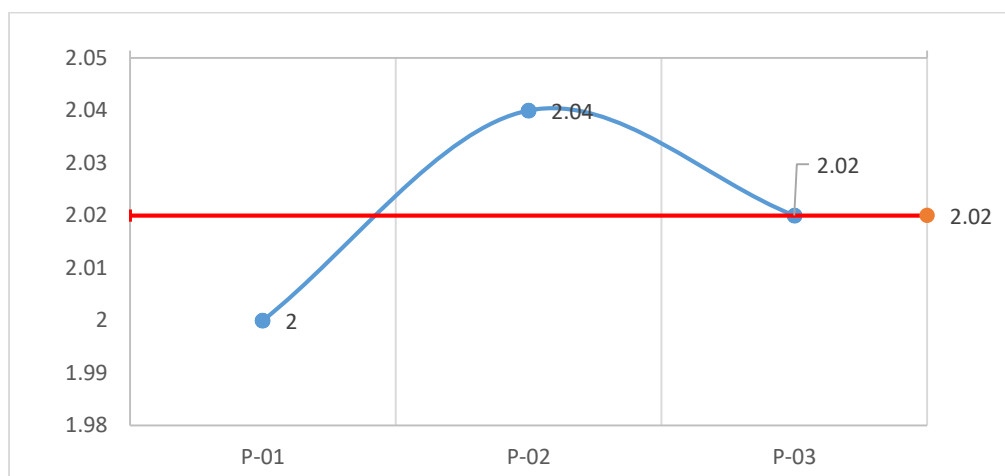


Figura 48: Densidad promedio de ladrillo dosificación R: 80 A: 20

Tabla LXXIII:  
Densidad promedio de ladrillo dosificación R: 70 A: 30

Muestra	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	$\Sigma X$	N	$\Sigma X/N$ (Promedio)
M-01	1.97	5.88	3	1.96
M-02	1.95			
M-03	1.96			

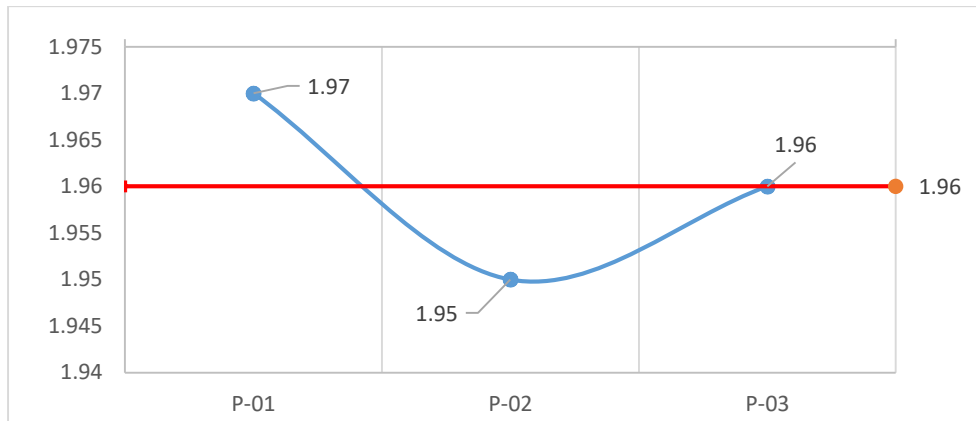


Figura 49: Densidad promedio de ladrillo dosificación R: 70 A: 30

Tabla LXXIV:

Densidad promedio de ladrillo dosificación R: 70 A: 30

Muestra	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	$\Sigma X$	N	$\Sigma X/N$ (Promedio)
M-01	1.92	5.75	3	1.917
M-02	1.9			
M-03	1.93			

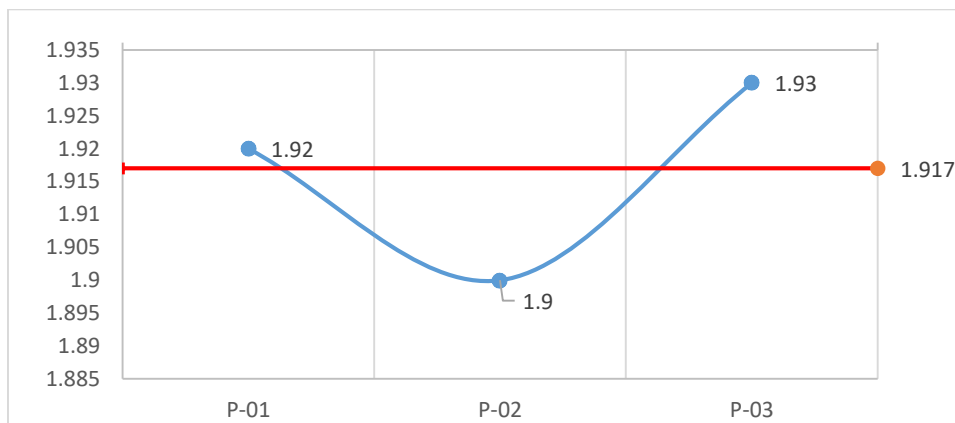


Figura 50: Densidad promedio de ladrillo dosificación R: 70 A: 30

**b) Ensayo de absorción y absorción máxima.**

En base a los datos obtenidos en el laboratorio correspondiente al ensayo de absorción, adjunto en las tablas n°033-038, se puede observar que la absorción promedio de los ladrillos es tal como sigue:

Tabla LXXV:

Calculo del coeficiente de Saturación en los ladrillos

Tipo de ladrillo	% DE ABSORCIÓN PROM.	% DE ABSORCIÓN MÁXIMA PROM.	COEFICIENTE DE SATURACIÓN
Ladrillo R:80 A:20	11.21%	21.45%	0.523
Ladrillo R:70 A:30	13.27%	23.57%	0.563
Ladrillo R:60 A:40	15.53%	25.33%	0.613

$$C.S. = \frac{\%Abs.}{\%Abs. Max.} = \frac{11.21\%}{21.45\%} = 0.523$$

$$C.S. = \frac{\%Abs.}{\%Abs. Max.} = \frac{13.27\%}{23.57\%} = 0.563$$

$$C.S. = \frac{\%Abs.}{\%Abs. Max.} = \frac{15.53\%}{25.33\%} = 0.613$$

**c) Succión de los ladrillos**

Tabla LXXVI:  
Succión Promedio de ladrillos - NORMA NTP - 399.613 – 2005

Tipo de ladrillo	Succión gr./200cm <sup>2</sup> /min.
Ladrillo R:80 A:20	24.03
Ladrillo R:70 A:30	34.39
Ladrillo R:60 A:40	35.89

Succión promedio del ladrillo R:80 A:20=24.03 gr./200 cm<sup>2</sup>/min >20, por tanto, es necesario humedecer el ladrillo previo al asentado.

Succión promedio del ladrillo R:70 A:30=34.39 gr./200 cm<sup>2</sup>/min >20, por tanto, es necesario humedecer el ladrillo previo al asentado.

Succión promedio del ladrillo R:60 A:40=35.89 gr./200 cm<sup>2</sup>/min >20, por tanto, es necesario humedecer el ladrillo previo al asentado.

**d) Variabilidad dimensional de los ladrillos.**

Visto la tabla de datos N°042, 043 y 044 en donde se presentan los valores de dimensionamiento de los ladrillos, se procede a realizar las verificaciones de variación de dimensiones, llegando a los siguientes resultados.

**i. Ensayo de dimensionamiento R:80 A:20 – NORMA NTP – 399.613 – 2005**

$$V\% = \frac{DE - MP}{DE} \times 100$$

MP=Medida Promedio

DE=Dimensión Especificada, los ladrillos son de 19.00cm x 11.20cm x 8.50cm.

$$V_L1(\%) = \frac{19.00 - 19.40}{19.00} \times 100 = -2.11\%$$

$$V_L2(\%) = \frac{19.00 - 19.28}{19.00} \times 100 = -1.47\%$$

$$V_L3(\%) = \frac{19.00 - 19.28}{19.00} \times 100 = -1.47\%$$

$$V_L(\%) = \text{MAX.} ( \text{ABS.} (V_L1(\%), V_L2(\%), V_L3(\%)) ) = 2.11\% \rightarrow \text{TIPO III}$$

$$V_b1(\%) = \frac{11.00 - 11.33}{11.00} \times 100 = -3.00\%$$

$$V_b2(\%) = \frac{11.00 - 11.23}{11.00} \times 100 = -2.09\%$$

$$V_b3(\%) = \frac{11.00 - 11.25}{11.00} \times 100 = -2.27\%$$

$$V_b(\%) = \text{MAX.} \left( \text{ABS.} (V_b1(\%), V_b2(\%), V_b3(\%)) \right) = 3.00\% \rightarrow \text{TIPO IV}$$

$$V_a1(\%) = \frac{8.50 - 8.28}{8.50} \times 100 = +2.94\%$$

$$V_a2(\%) = \frac{8.50 - 8.23}{8.50} \times 100 = +3.17\%$$

$$V_a3(\%) = \frac{8.50 - 8.25}{8.50} \times 100 = +2.94\%$$

$$V_a(\%) = \text{MAX.} \left( \text{ABS.} (V_a1(\%), V_a2(\%), V_a3(\%)) \right) = 3.17\% \rightarrow \text{TIPO IV}$$

**ii. Ensayo de dimensionamiento R:70 A:30 – NORMA NTP – 399.613 – 2005**

$$V\% = \frac{DE - MP}{DE} \times 100$$

MP=Medida Promedio

DE=Dimensión Especificada, los ladrillos son de 19.00cm x 11.20cm x 8.50cm.

$$V_L1(\%) = \frac{19.00 - 19.40}{19.00} \times 100 = -2.11\%$$

$$V_L2(\%) = \frac{19.00 - 19.43}{19.00} \times 100 = -2.30\%$$

$$V_L3(\%) = \frac{19.00 - 19.35}{19.00} \times 100 = -1.84\%$$

$$V_L(\%) = \text{MAX.} \left( \text{ABS.} (V_L1(\%), V_L2(\%), V_L3(\%)) \right) = 2.30\% \rightarrow \text{TIPO III}$$

$$V_b1(\%) = \frac{11.00 - 11.50}{11.00} \times 100 = -4.55\%$$

$$V_b2(\%) = \frac{11.00 - 11.48}{11.00} \times 100 = -4.36\%$$

$$V_b3(\%) = \frac{11.00 - 11.45}{11.00} \times 100 = -4.09\%$$

$$V_b(\%) = \text{MAX.} \left( \text{ABS.} (V_b1(\%), V_b2(\%), V_b3(\%)) \right) = 4.55\% \rightarrow \text{TIPO II}$$

$$V_a1(\%) = \frac{8.50 - 8.60}{8.50} \times 100 = -1.18\%$$

$$V_a2(\%) = \frac{8.50 - 8.58}{8.50} \times 100 = -0.94\%$$

$$V_a3(\%) = \frac{8.50 - 8.55}{8.50} \times 100 = -0.59\%$$

$$V_a(\%) = \text{MAX.} \left( \text{ABS.} (V_a1(\%), V_a2(\%), V_a3(\%)) \right) = 1.18\% \rightarrow \text{TIPO V}$$

**iii. Ensayo de dimensionamiento R:60 A:40 – NORMA NTP – 399.613 – 2005**

$$V\% = \frac{DE - MP}{DE} \times 100$$

MP=Medida Promedio

DE=Dimensión Especificada, los ladrillos son de 19.00cm x 11.20cm x 8.50cm.

$$V_L1(\%) = \frac{19.00 - 19.40}{19.00} \times 100 = -2.11\%$$

$$V_L2(\%) = \frac{19.00 - 19.45}{19.00} \times 100 = -2.37\%$$

$$V_L3(\%) = \frac{19.00 - 19.48}{19.00} \times 100 = -2.53\%$$

$$V_L(\%) = \text{MAX. (ABS. (} V_L1(\%), V_L2(\%), V_L3(\%) \text{))} = 2.53\% \rightarrow \text{TIPO III}$$

$$V_b1(\%) = \frac{11.00 - 11.45}{11.00} \times 100 = -4.09\%$$

$$V_b2(\%) = \frac{11.00 - 11.50}{11.00} \times 100 = -4.55\%$$

$$V_b3(\%) = \frac{11.00 - 11.55}{11.00} \times 100 = -5.00\%$$

$$V_b(\%) = \text{MAX. (ABS. (} V_b1(\%), V_b2(\%), V_b3(\%) \text{))} = 5.00\% \rightarrow \text{TIPO II}$$

$$V_a1(\%) = \frac{8.50 - 8.60}{8.50} \times 100 = -1.18\%$$

$$V_a2(\%) = \frac{8.50 - 8.65}{8.50} \times 100 = -1.76\%$$

$$V_a3(\%) = \frac{8.50 - 8.65}{8.50} \times 100 = -1.76\%$$

$$V_a(\%) = \text{MAX. (ABS. (} V_a1(\%), V_a2(\%), V_a3(\%) \text{))} = 1.76\% \rightarrow \text{TIPO V}$$

#### iv. Ensayo de alabeo

Se midió la convexidad y la concavidad, por el cual se tiene los siguientes resultados.

Tabla LXXVII:  
Alabeo de ladrillos R:80 A:20

MUESTRA	TIPO	(CARA SUPERIOR mm)	(CARA INFERIOR mm)
M-01	CONCAVIDAD	1.70	1.80
	CONVEXIDAD	0.00	0.00
M-02	CONCAVIDAD	0.00	0.00
	CONVEXIDAD	1.70	1.60
M-03	CONCAVIDAD	1.70	1.75
	CONVEXIDAD	0.00	0.00

Tabla LXXVIII:  
Alabeo de ladrillos R:70 A:30

MUESTRA	TIPO	(CARA SUPERIOR mm)	(CARA INFERIOR mm)
M-01	CONCAVIDAD	1.75	2.00
	CONVEXIDAD	0.00	0.00
M-02	CONCAVIDAD	0.00	0.00
	CONVEXIDAD	1.75	1.75
M-03	CONCAVIDAD	1.75	1.50
	CONVEXIDAD	0.00	0.00

Tabla LXXIX:  
Alabeo de ladrillos R:60 A:40

MUESTRA	TIPO	(CARA SUPERIOR mm)	(CARA INFERIOR mm)
M-01	CONCAVIDAD	1.75	2.00
	CONVEXIDAD	0.00	0.00
M-02	CONCAVIDAD	0.00	0.00
	CONVEXIDAD	1.75	1.75
M-03	CONCAVIDAD	1.75	1.50
	CONVEXIDAD	0.00	0.00

### 3.2.5 Propiedades mecánicas del ladrillo Elaborado

#### a) Resistencia a la compresión individual del ladrillo King Kong-artesanal.

De acuerdo a los datos obtenidos en laboratorio mediante la máquina de compresión calibrada.

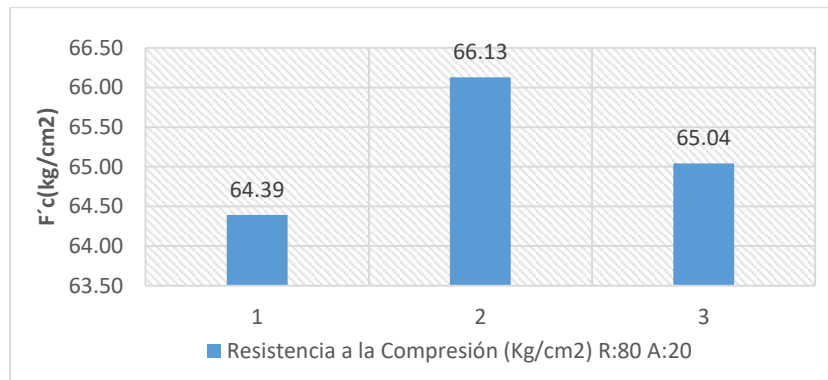


Figura 51: Resistencia a la Compresión Individual (R:80 A:20)

Cálculo de la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería.

$$f'_{b_o} = \frac{\text{Carga Rotura (kg)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

$$f'_{b_{prom}} = \frac{\sum f'_{b_i}}{n}$$

$$f'_{b} = f'_{b_{prom}} - D_s$$

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{prom.})^2}{n-1}}$$

Tabla LXXX:  
Compresión de final de ladrillo R:80 A:20

Muestra	Resistencia de Ladrillo	Promedio	Desviación	F'b(kg/cm <sup>2</sup> )
	en Kg/cm <sup>2</sup>	Aritmético	Estándar	
1	64.39	65.19	0.878	64.31
2	66.13			
3	65.04			

La compresión está definida por la razón entre el esfuerzo y la deformación, para obtener la compresión, se debe dividir la fuerza de carga sobre el área transversal.

Teniendo en cuenta la proporción en peso de Relave =80 A: 20, se pudo observar que la resistencia en promedio es de  $f'b=64.31 \text{ kg/cm}^2$  que de acuerdo a la NTP E0.70 Albañilería, está dentro de los límites permitidos para clasificarlo como un ladrillo de TIPO I.

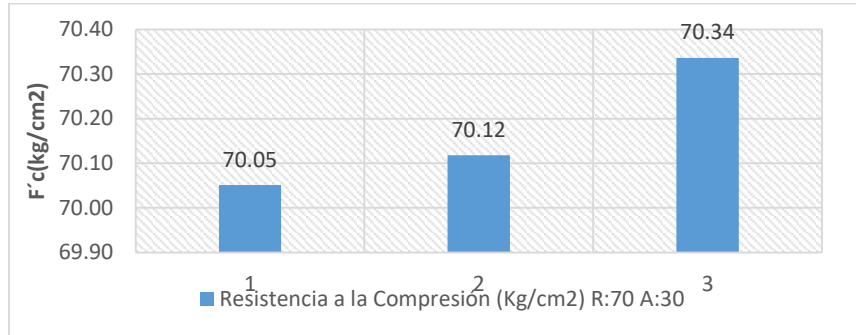


Figura 52: Resistencia a la Compresión Individual (R:70 A:30)

Cálculo de la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería.

$$f'b_o = \frac{\text{Carga Rotura (kg)}}{\text{Area(cm}^2\text{)}} \quad f'b_{prom} = \frac{\sum f'b_i}{n}$$

$$f'b = f'b_{prom} - D_s \quad D_s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{prom.})^2}{n-1}}$$

Tabla LXXXI:

Compresión final del ladrillo R:70 A:30

Muestra	Resistencia de Ladrillo	Promedio	Desviación	f'b(kg/cm²)
	en Kg/cm²	Aritmético	Estándar	
1	70.05	70.17	0.149	70.02
2	70.12			
3	70.34			

La compresión está definida por la razón del esfuerzo y la deformación.

Teniendo en cuenta la proporción en peso de Relave:70 Arena:30, se pudo observar que la resistencia en promedio es de  $f'b=70.02 \text{ kg/cm}^2$  que de acuerdo a la normativa, se puede clasificar como un ladrillo tipo II.

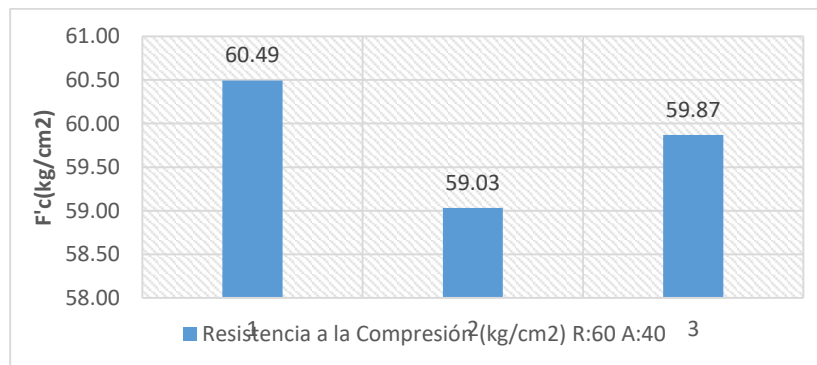


Figura 53: Resistencia a la Compresión Individual (R:60 A:40)

Cálculo de la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería.

$$f' b_o = \frac{\text{Carga Rotura (kg)}}{\text{Area(cm}^2\text{)}}$$

$$f' b_{prom} = \frac{\sum f' b_i}{n}$$

$$f' b = f' b_{prom} - D_s$$

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{prom.})^2}{n-1}}$$

Tabla LXXXII:  
Compresión final del ladrillo R:60 A:40

Muestra	Resistencia de Ladrillo	Promedio	Desviación	f'b(kg/cm2)
	en Kg/cm <sup>2</sup>	Aritmético	Estándar	
1	60.49	59.80	0.734	59.06
2	59.03			
3	59.87			

Teniendo en cuenta la proporción en peso de Relave:60 Arena:40, se pudo observar que la resistencia en promedio es de f'b=59.06kg/cm2 que de acuerdo norma NTP E0.70 Albañilería, esta resistencia está permite clasificarlo como un ladrillo de tipo I

**b) Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo King Kong-artesanal.**

Tabla LXXXIII:  
Resistencia a la compresión en pila final R:80 A:20.

Muestra	Resistencia	Promedio	Desv. Estándar (kg/cm2)	V%	h/a	C	Cprom	a1	f'm
	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )							
1	39.92	39.38	0.51	1.293 %	2.527	0.80594	0.8032	1.1	39.34
2	39.32				2.513	0.80286			
3	38.90				2.504	0.80088			

El valor de la compresión final en pila del ladrillo con proporción Relave:80 A:20, será de f'm=39.34 kg/cm2 que de acuerdo al RNE E.070, Albañilería, será un ladrillo King-kong Artesanal.

Tabla LXXXIV:  
Resistencia a la compresión en pila final R:70 A:30

Muestra	Resistencia	Promedio	Desv. Estándar (kg/cm2)	V%	h/a	C	Cprom.	a1	f'm
	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )							
1	43.88	42.97	0.82	1.904%	2.559	0.81298	0.80858	1.1	42.86
2	42.29				2.536	0.80792			
3	42.76				2.522	0.80484			

La resistencia a compresión final en pila del ladrillo con proporción Relave:70 Arena:30, será de f'm=42.86 kg/cm2

Tabla LXXXV:  
Resistencia a la compresión en pila final R:60 A:40

Muestra	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Desv. Estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	V%	h/a	C	Cprom.	a1	f'm
1	39.09	39.02	0.37	0.957%	2.536	0.80792	0.804913333	1.1	39.23
2	39.35				2.527	0.80594			
3	38.61				2.504	0.80088			

La resistencia a compresión final en pila del ladrillo con proporción Relave:60 Arena:40, será de f'm=39.23 kg/cm<sup>2</sup>.

**c) Análisis químico final de los ladrillos elaborados.**

Visto el resultado del análisis químico en la tabla 57, en donde se resumen el resultado del análisis químico para los ladrillos quemados en horno a mayor de 900°C, así mismo, teniendo en cuenta la tabla 04, que hace referencia a los límites máximos permisibles por el MINAN, procedo a realizar el comparativo de los resultado con la finalidad de identificar el comportamiento del material y luego poder dar todas las recomendaciones pertinentes.

Tabla LXXXVI:  
Resumen análisis químico del ladrillo VS Límite máximo Permissible MINAN

Parámetro	Unidad	Resultados S-3949	Resultados S-3950	Resultados S-3951	Limites en cualquier momento	Comparación
pH		8.10	8.06	7.98	6-9	Dentro del limite
Solidos Totales en Suspensión.	mg/L	62.53	45.36	43.56	50	La muestra S-3949, supera el Limite
Aceites y grasas	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	20	No se encontró aceites y grasas
Cianuro Total	mg/L	23.24	23.22	23.21	1	Supera el Limite
Arsénico, As	mg/L	43.7	40.2	39.86	0.1	Supera el Limite
Cadmio, Cd	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.05	No se encontró Cadmio
Cromo, Cr	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.1	No se encontró Cromo VI
Cobre, Cu	mg/L	0.2	0.18	0.17	0.5	Dentro del limite
Hierro, Fe	mg/L	0.13	0.12	0.11	2	Dentro del limite
Plomo, Pb	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	0.2	No se encontró Plomo
Mercurio, Hg	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	Dentro del limite
Zinc, Zn	mg/L	0.02	0.015	0.01	1.5	Dentro del limite

De la tabla N°79, se puede observar que los ladrillos luego de pasar por el horno a una temperatura superior del 900°C, aún mantienen dentro de su composición una cantidad superior a lo admitido por el MINAM, en cianuro y arsénico, esto quiere decir, que la temperatura superior a 900°C, no elimina estos agentes tóxicos, por lo

tanto el material producido con relave minero puede ser perjudicial para las personas, por tanto es recomendable desarrollar metodologías adicionales para eliminar este problema existente.

### 3.2.6 Costos de producción de ladrillos.

Visto los gastos que implica la producción de ladrillos en base al relave minero, se puede rescatar que los costos son relativamente bajos respecto al precio comercial actual de los ladrillos. En resumen, se puede apreciar los siguientes precios de ladrillos para cada tipo de dosificación.

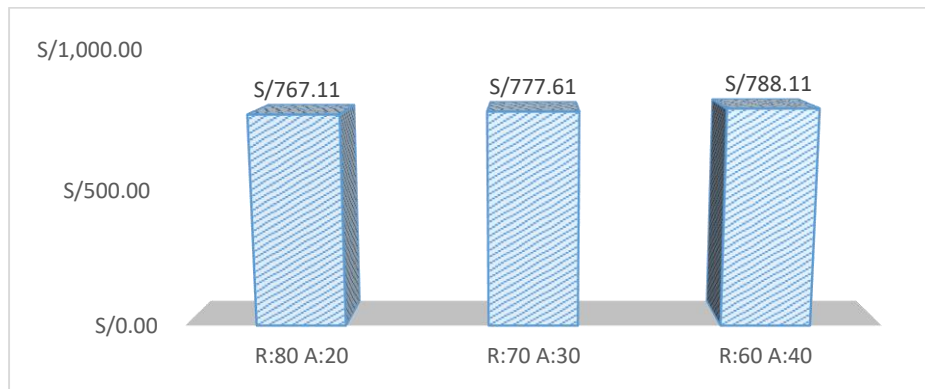


Figura 54: Precio de Producción según tipo de 01 millar de ladrillos

Tabla LXXXVII:

Precio comercial y utilidades según tipo de 01 millar de ladrillos

DOSIFICACION	PRECIO PRODUCCION (S/.)	PRECIO VENTA (S/.)	UTILIDADES (20%)
R:80 A:20	S/767.11	S/920.53	S/153.42
R:70 A:30	S/777.61	S/933.13	S/155.52
R:60 A:40	S/788.11	S/945.73	S/157.62

Tabla LXXXVIII:

Precio Comercial VS Precio de Ladrillos con Relave-01 millar.

DOSIFICACION	PRECIO S/.	% Repres.	% Var. Costo
COMERCIAL	S/966.67		
R:80 A:20	S/920.53	95.23%	4.77%
R:70 A:30	S/933.13	96.53%	3.47%
R:60 A:40	S/945.73	97.83%	2.17%

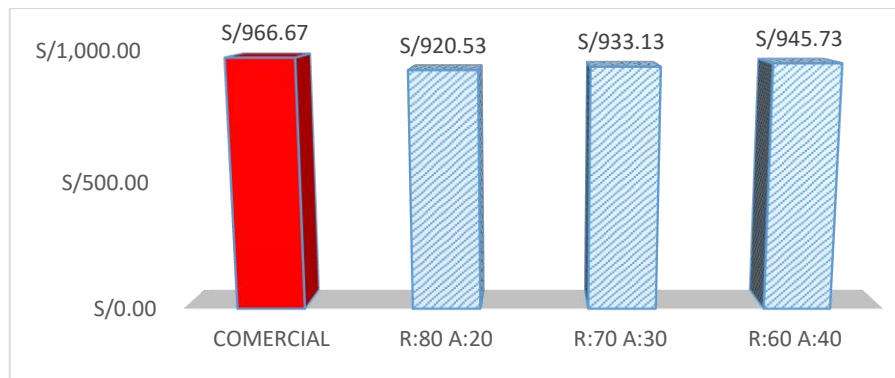


Figura 55: Precio de Comercial según tipo de 01 millar de ladrillos

**a) Recursos requeridos para la producción de ladrillos.**

De acuerdo al análisis de precios unitarios, para la producción de 1 millar de ladrillos, es necesario tener en cuenta los siguientes insumos que se requieren para la producción de los mismos en las diversas dosificaciones.

Tabla LXXXIX:

Lista de Recursos para 1 millar de ladrillo (R:80 A:20)

Código	Descripción	Unid.	Cant.	Costo	Total
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>190.47</b>
470010002	OPERARIO	hh	7.98	12.50	99.72
470010003	PEON	hh	9.05	8.75	79.19
470010004	CAPATAZ	hh	0.92	12.50	11.56
<b>MATERIALES</b>					<b>258.06</b>
70020014	ARENA	m <sup>3</sup>	0.42	50.00	21.00
40010004	RELAVE	m <sup>3</sup>	1.68	-	0.00
390010001	AGUA	m <sup>3</sup>	0.84	20.00	16.80
10020157	GASOLINA	gal	0.30	19.60	5.88
300010029	MADERA PARA LEÑA	ton	0.20	120.00	24.00
300010030	CARBON DE PIEDRA (Antracita)	ton	0.05	1156.00	61.61
300010010	IMPLEMENTOS SANITARIOS	glb	1.00	20.20	20.20
300010009	IMPLEMENTO DE SEGURIDAD	glb	1.00	108.57	108.57
<b>EQUIPO</b>					<b>44.05</b>
10020086	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd <sup>3</sup>	hm	0.04	250.00	10.50
480010001	CAMION LADRILLERO	hm	0.32	100.00	32.00
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	0.81	190.47	1.55
<b>SUB-CONTRATOS</b>					<b>2.10</b>
300010028	ALQUILER DE TANQUE O CISTERNA DE AGUA	und	2.10	1.00	2.10
				<b>TOTAL:</b>	<b>494.68</b>

Tabla XC:

## Lista de Recursos para 1 millar de ladrillo (R:70 A:30)

Código	Descripción	Unid.	Cant.	Costo	Total
	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>190.47</b>
470010002	OPERARIO	hh	7.98	12.50	99.72
470010003	PEON	hh	9.05	8.75	79.19
470010004	CAPATAZ	hh	0.92	12.50	11.56
	<b>MATERIALES</b>				<b>268.56</b>
70020014	ARENA	m <sup>3</sup>	0.63	50.00	31.50
40010004	RELAVE	m <sup>3</sup>	1.47	-	0.00
390010001	AGUA	m <sup>3</sup>	0.84	20.00	16.80
10020157	GASOLINA	gal	0.30	19.60	5.88
300010029	MADERA PARA LEÑA	ton	0.20	120.00	24.00
300010030	CARBON DE PIEDRA (Antracita)	ton	0.05	1156.00	61.61
300010009	IMPLEMENTO DE SEGURIDAD	glb	1.00	108.57	108.57
300010010	IMPLEMENTOS SANITARIOS	glb	1.00	20.20	20.20
	<b>EQUIPO</b>				<b>44.05</b>
10020086	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3	hm	0.04	250.00	10.50
480010001	CAMION LADRILLERO	hm	0.32	100.00	32.00
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	0.81	190.47	1.55
	<b>SUB-CONTRATOS</b>				<b>2.10</b>
300010028	ALQUILER DE TANQUE O CISTERNA DE AGUA	und	2.10	1.00	2.10
				<b>TOTAL:</b>	<b>505.18</b>

Tabla XCI:

## Lista de Recursos para 1 millar de ladrillo (R:60 A:40)

Código	Descripción	Unid.	Cant.	Costo	Total
	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>190.47</b>
470010002	OPERARIO	hh	7.9774	12.5	99.72
470010003	PEON	hh	9.0506	8.75	79.19
470010004	CAPATAZ	hh	0.9245	12.5	11.56
	<b>MATERIALES</b>				<b>279.06</b>
70020014	ARENA	m <sup>3</sup>	0.84	50	42
390010001	AGUA	m <sup>3</sup>	0.84	20	16.8
40010004	RELAVE	m <sup>3</sup>	1.26	-	0
10020157	GASOLINA	gal	0.3	19.6	5.88
300010029	MADERA PARA LEÑA	ton	0.2	120	24
300010030	CARBON DE PIEDRA (Antracita)	ton	0.0533	1156	61.61
300010009	IMPLEMENTO DE SEGURIDAD	glb	1	108.57	108.57
300010010	IMPLEMENTOS SANITARIOS	glb	1	20.2	20.2
	<b>EQUIPO</b>				<b>44.05</b>
10020086	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3	hm	0.042	250	10.5
480010001	CAMION LADRILLERO	hm	0.32	100	32
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	0.8127	190.47	1.55
	<b>SUB-CONTRATOS</b>				<b>2.1</b>
300010028	ALQUILER DE TANQUE O CISTERNA DE AGUA	und	2.1	1	2.1
				<b>TOTAL:</b>	<b>515.68</b>

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1 Discusión de resultados

Antes de proceder con la discusión de los resultados tengamos en cuenta lo indicado en el reglamento nacional de construcción, en donde establecen criterios mínimos de calidad.

Tabla XCII:  
Clase de unidad de Albañilería para fines estructurales

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN			ALABEO	RESISTENCIA
	(Máxima en porcentaje)			(máximo en mm)	CARACTERÍSTICA
	Hasta	Hasta	Más de		A COMPRESIÓN
	100mm	150mm	150mm		F'b mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre el área bruta
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4.90 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6.90 (70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9.30 (95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12.70 (130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17.60 (180)
Bloque P(1)	±4	±3	±2	4	4.90 (50)
Bloque NP(1)	±7	±6	±4	8	2.0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Nota: Rescatado del Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E 0.70 [15]

Tabla XCIII:

Resistencias características de la albañilería Mpa (Kg/cm<sup>2</sup>)

Materia Prima	Denominación	UNIDAD	PILAS	MURETES
		f'b	f'm	v'm
Arcilla	King Kong Artesanal	5.40 (55)	3.40 (35)	0.50 (5.10)
	King Kong Industrial	14.20 (145)	6.40 (65)	0.80 (8.10)
	Rejilla Industrial	21.10 (215)	8.30 (85)	0.90 (9.20)
Sílice-Cal	King Kong Normal	15.70 (160)	10.80 (110)	1.0 (9.70)
	Dédalo	14.20 (145)	9.30 (95)	1.0 (9.70)
	Estándar y mecano (*)	14.20 (145)	10.80 (110)	0.9 (9.20)
Concreto Bloque Tipo P (*)		4.90 (50)	7.30 (74)	0.80 (8.60)
		6.40 (65)	8.30 (85)	0.90 (9.20)
		7.40 (75)	9.30 (95)	1.0 (9.70)
		8.30 (85)	11.80 (120)	1.10 (10.90)

(\*) Utilizados para la construcción de muros armados.

Nota: Rescatado del Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E 0.70[15]

En base a los resultados obtenidos luego del análisis físico y químico del relave minero se puede rescatar lo siguiente:

- De acuerdo al análisis realizado en laboratorio, se pudo identificar que el Peso Unitario Suelto en promedio del relave minero que se trajo de las minas de Pullo, tienen un promedio de 1296.3 kg/m<sup>3</sup> o 1.2963 gr/cm<sup>3</sup>, teniendo en cuenta que la humedad natural promedio es de 0.53%.

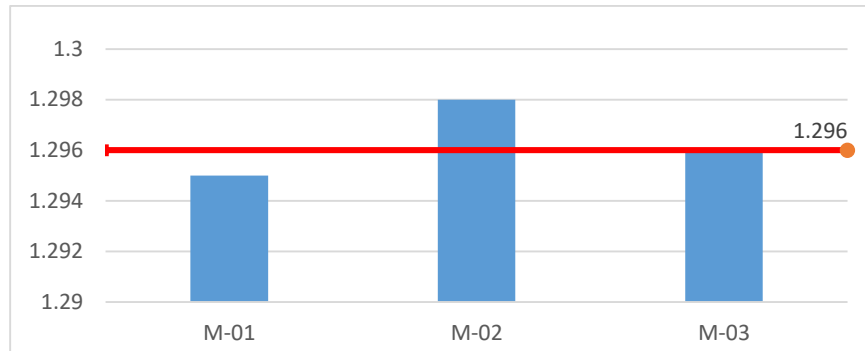


Figura 56: Peso Unitario Suelto del Relave Minero

- El peso unitario compacto alcanza 1451.0 kg/m<sup>3</sup> o 1.451 gr/cm<sup>3</sup>, teniendo en cuenta que la humedad natural promedio es de 0.53%.

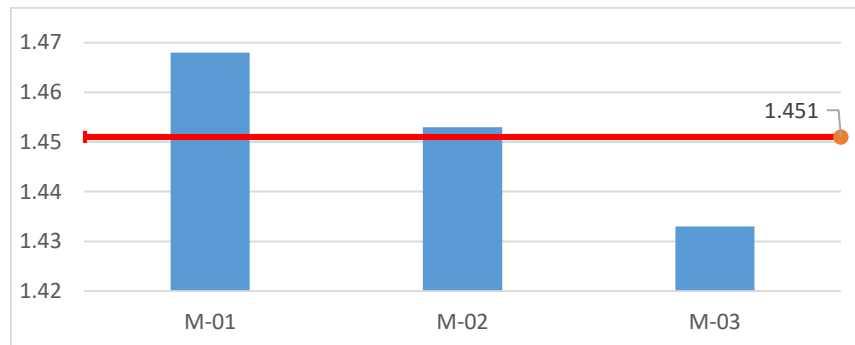


Figura 57: Peso Unitario Compacto del Relave Minero

- El peso específico promedio del relave calculado es de 2.58 gr/cm<sup>3</sup>.

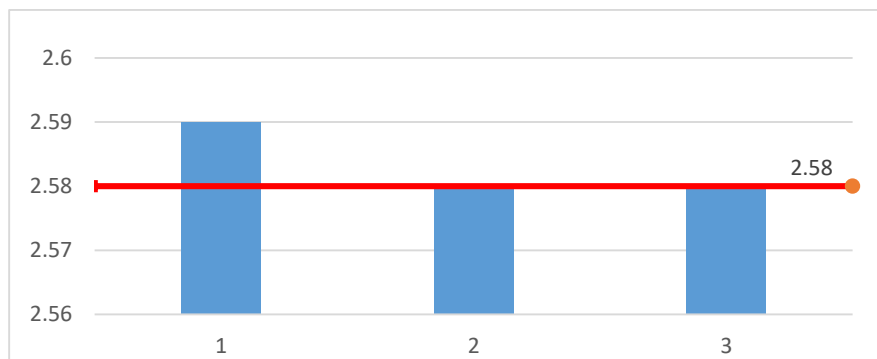


Figura 58: Peso Específico del Relave Minero

- En base a la densidad aparente (Peso volumétrico compacto) y a la densidad real (Peso específico del relave minero), se puede deducir que la porosidad del relave minero es del 43.76%.

$$n = \frac{2.58 - 1.451}{2.58} = 0.4376 = 43.76\%$$

- Visto el porcentaje de porosidad se puede deducir que presenta 43.76% de vacíos dentro de las partículas por tanto se puede decir que esto es debido a que el relave minero tiene partículas finas que, de acuerdo al análisis granulométrico más del 60% de las partículas en el ensayo de granulometría pasa la malla N°200, considerándose como suelo fino con gran cantidad de poros.
- Con base en el análisis de tamaño de partícula realizado por técnicas de lavado, límite líquido y límite plástico, los relaves extraídos se clasifican como arcillas inorgánicas (CH) altamente plásticas por SUCS y también pueden clasificarse como A-7-6 (20) por el método A.A.S.T.H.O, este es el suelo de barro con índice de grupo 20.
- En base a la observación del comportamiento del relave en cubos de 1cm x 1cm x 1cm al ser presionado con los dedos se determinó que el grado de cementación del relave es MODERADO.
- De acuerdo a la observación respecto a la trabajabilidad del barro elaborado con relave minero, se debe resaltar que el relave minero de por si requiere de la incorporación de arena adicional para eliminar los grumos que se presenta, pues al ser muy fino se requiere mayor cantidad de agua y asimismo requiere de mayor tiempo de reposo para que el agua envuelva completamente las partículas finas. Para obtener una mezcla trabajable, se debe emplear entre 20%, 30% o 40% de arena, con 40% de arena se obtiene un barro más trabajable.

Tabla XCIV:

Resumen de las Propiedades Físicas del Relave Minero.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
1	Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	gr./cm <sup>3</sup>	1.295	1.298	1.296
2	Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	gr./cm <sup>3</sup>	1.468	1.453	1.433
3	Peso Específico del Relave Minero	gr./cm <sup>3</sup>	2.59	2.58	2.58
4	Porosidad Del relave minero (n)	%	43.30%	43.70%	44.50%
5	Coefficiente de Uniformidad (Cu)		1.941	1.959	1.939
6	Coefficiente de curvatura (Cc)		0.876	0.874	0.876
7	Límite líquido (LL)	%	51.8	52.4	52.5
8	Límite plástico (LP)	%	16.3	16.5	15.8
9	Índice de Plasticidad (IP)	%	35.5	35.9	36.7

10	Clasificación SUCS.	-	Arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH)	Arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH)	Arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH)
11	Clasificación AASTHO.	-	A-7-6 (20) Suelo Limo Arcilloso con índice de grupo 20	A-7-6 (20) Suelo Limo Arcilloso con índice de grupo 20	A-7-6 (20) Suelo Limo Arcilloso con índice de grupo 20
12	Grado de Cementación	-	Moderado	Moderado	Moderado
13	% Retenido Malla N°200	%	36.28%	37.73%	36.42%
14	% Pasa Malla N° 200	%	63.72%	62.27%	63.58%

- Del análisis químico del relave minero de la Relavera NUEVA VISION, se puede apreciar que el material tiene alto potencial de neutralización en comparación al Potencial de acidificación, por tanto, el material no genera drenaje ácido.
  - PNN=94.03 Kg CaCo3/T>20, NO GENERA DRENAJE ÁCIDO
  - PN/PAM=9.85, NO GENERA DRENAJE ÁCIDO
- Teniendo en cuenta la escala del Potencial de Hidrógeno, y en base al pH obtenido en el análisis químico, se puede clasificar químicamente al relave minero como un **MATERIAL LIGERAMENTE ALCALINO**, asimismo en base a los límites máximo permisibles, se puede observar que el pH del relave está dentro de los límites permisibles por el MINAM.



Figura 59: Escala del PH, Ondarse Álvarez (2021) [16]

pH=8.19 (Ligeramente alcalino).

Con los resultados obtenidos tanto físico y mecánico de los ladrillos elaborados con relave minero se puede rescatar lo siguiente:

- La densidad en promedio del ladrillo elaborado con la dosificación Relave:80% y Arena:20%, es de 2.02 gr/cm<sup>3</sup>.

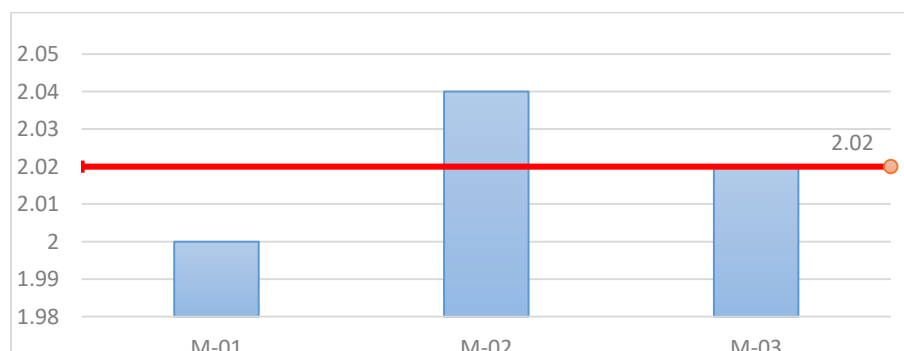


Figura 60: Densidad de Ladrillo R:80 A:20

- La densidad en promedio del ladrillo elaborado con la dosificación Relave:70% y Arena:30%, es de 1.96 gr/cm<sup>3</sup>.

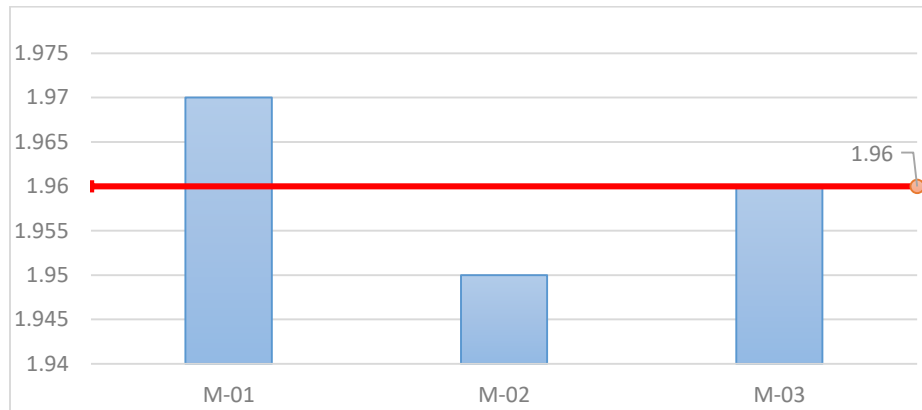


Figura 61: Densidad de Ladrillo R:70 A:30

- La densidad en promedio del ladrillo elaborado con la dosificación Relave:60% y Arena:40%, es de 1.92 gr/cm<sup>3</sup>.

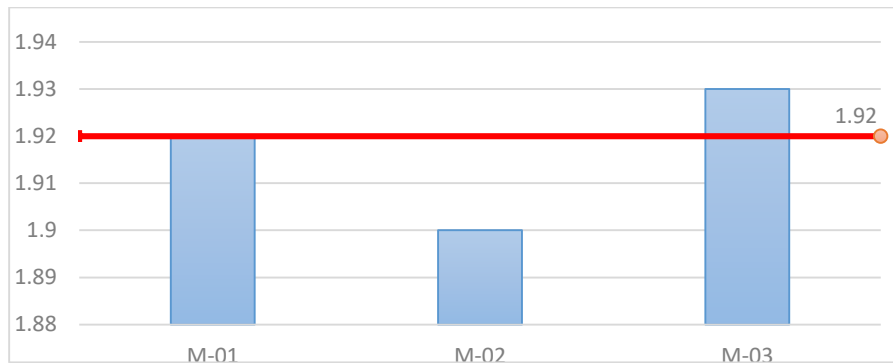


Figura 62: Densidad de Ladrillo R:60 A:40

- En base a los promedios de las densidades, se puede resumir en el siguiente gráfico.

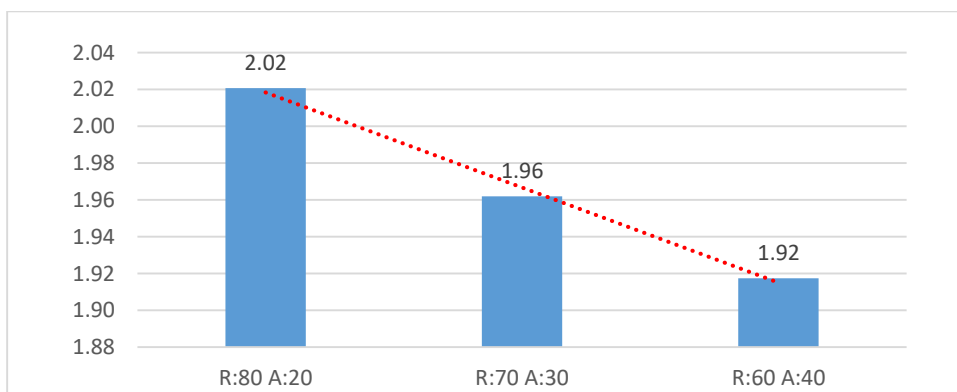


Figura 63: Densidad de Ladrillo para diversas dosificaciones.

- En el ensayo de Absorción y absorción máxima, se pudo determinar que con dosificación del 80% de relave y 20% de Arena, se pudo determinar que la absorción del ladrillo alcanza un promedio de 11.21% y una absorción máxima de 21.45% siendo su coeficiente de

saturación de 0.523, por otra parte, con una dosificación de 70% de Relave y 30% de Arena, el ladrillo en promedio tiene una absorción de 13.27% y una absorción máxima de 23.57%, siendo su coeficiente de saturación de 0.563 y con una dosificación de 60% de Relave y 40% de Arena, se obtiene una absorción promedio de 15.53% y una absorción máxima de 25.33%, con un coeficiente de saturación de 0.613.

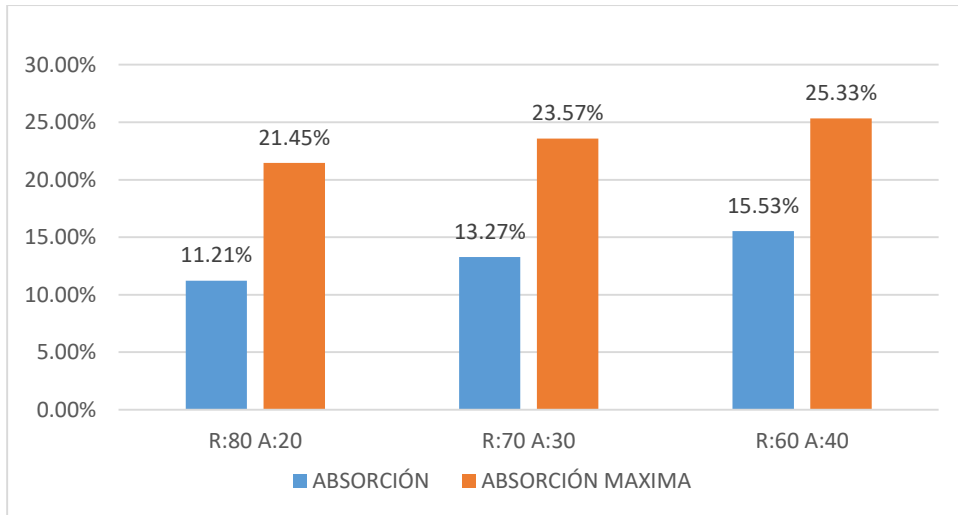


Figura 64: Absorción de Ladrillo para diversas dosificaciones.

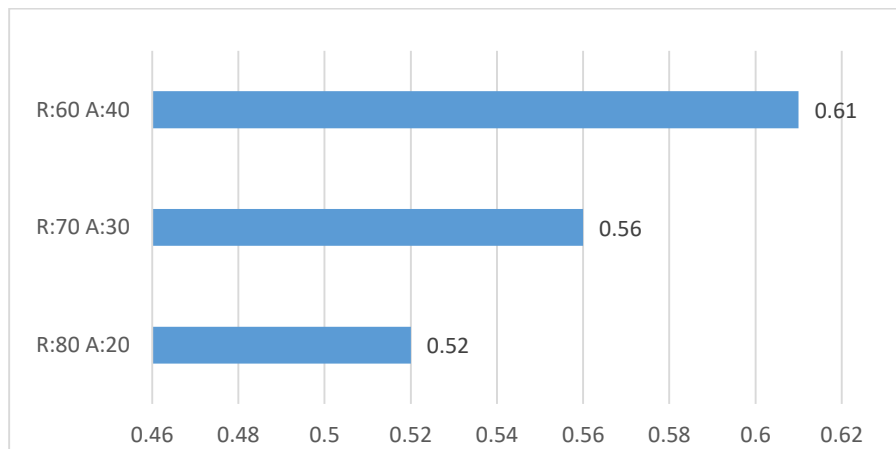


Figura 65: Saturación de Ladrillo para diversas dosificaciones.

- Se puede observar que, a mayor cantidad de arena existe mayor cantidad de absorción asimismo mayor saturación, además que con mayores de 30% de arena la absorción supera los 22% de absorción por tanto para estos casos es necesario humedecer los ladrillos a fin de evitar que absorba el agua del mortero y perjudique en su fraguado.
- Para el lote de ladrillos con proporción R:80 A:20, se pudo determinar que las medidas serán de  $19.00\text{cm} \pm 2.11\%$  x  $11.00\text{cm} \pm 3.00\%$  x  $8.50\text{cm} \pm 3.18\%$ , De acuerdo a la variación de las dimensiones el ladrillo de este lote se podría clasificar como un ladrillo TIPO III.

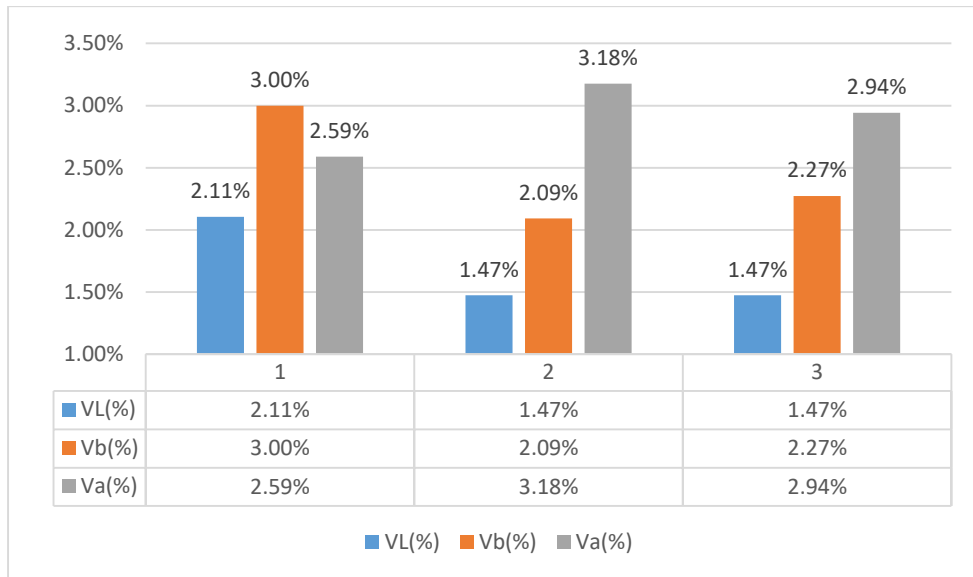


Figura 66: Variabilidad dimensional (R: 80 A:20)

- Para este lote de ladrillos, se pudo determinar que las medidas serán de  $19.00\text{cm} \pm 2.30\%$  x  $11.00\text{cm} \pm 4.55\%$  x  $8.50\text{cm} \pm 1.20\%$ , De acuerdo a la variación dimensional el ladrillo de este lote se podría clasificar como un ladrillo TIPO II.

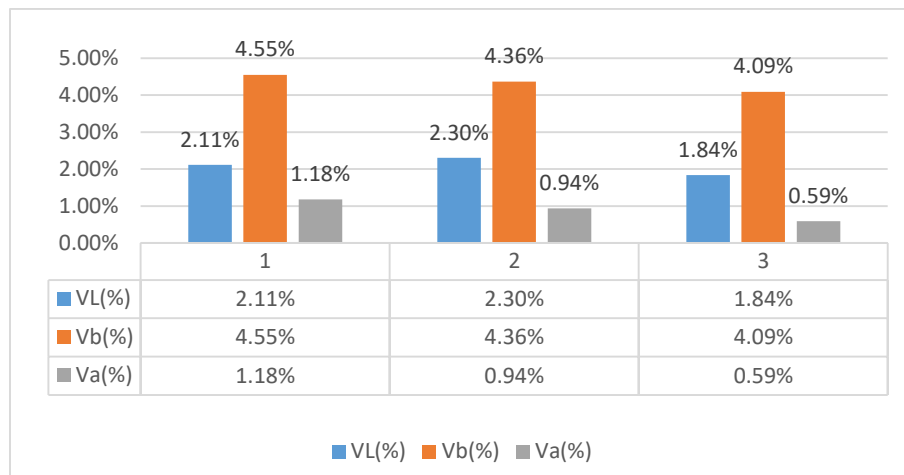


Figura 67: Variabilidad dimensional (R:70 A:30)

Para este lote de ladrillos, se pudo determinar que las medidas serán de  $19.00\text{cm} \pm 2.53\%$  x  $11.00\text{cm} \pm 5.00\%$  x  $8.50\text{cm} \pm 1.76\%$ , De acuerdo a la variación dimensional el ladrillo de este lote se podría clasificar como un ladrillo tipo II.

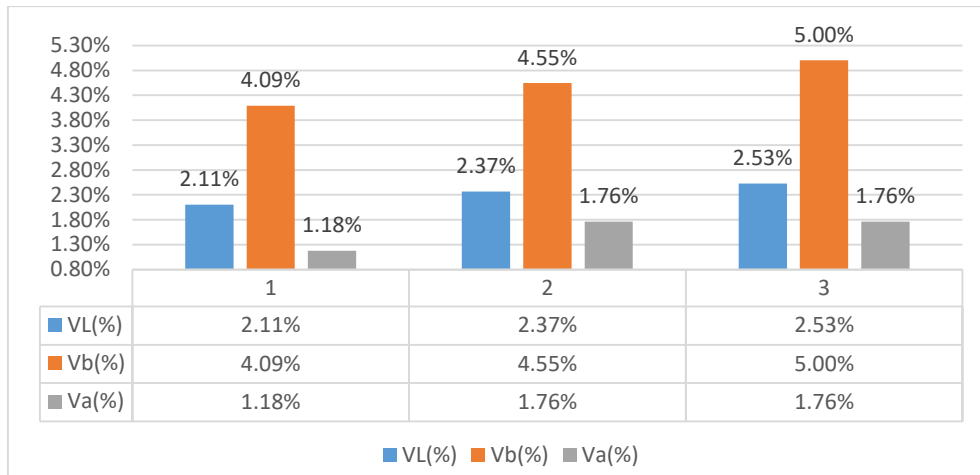


Figura 68: Variabilidad dimensional (R:60 A:40)

- Respecto a las pruebas de alabeo para los ladrillos elaboradas con 80% de relave y 20% de arena, se puede rescatar que la máxima concavidad es de 1.80mm.
- Respecto a las pruebas de alabeo los ladrillos elaborados con 70% de relave y 30% de arena, se puede rescatar que la máxima concavidad es de 2.00mm.
- Respecto a las pruebas de alabeo para los ladrillos elaborados con 60% de relave y 40% de arena, se puede rescatar que la máxima concavidad es de 2.00mm.
- De acuerdo al análisis de compresión individual de los ladrillos, con una dosificación de 80% de relave y 20% de arena, se obtiene un  $f'b=64.31$  kg/cm<sup>2</sup>, que por resistencia se puede clasificar como un ladrillo TIPO I, por otro lado, con una dosificación de 70% de relave y 30% de arena, se obtiene un  $f'b=70.02$  kg/cm<sup>2</sup> que por resistencia se podría clasificarse como un ladrillo TIPO II y con una dosificación de 60% de relave y 40% de arena se pudo determinar que la resistencia  $f'b=59.06$  kg/cm<sup>2</sup> que por resistencia se podría clasificar como un ladrillo TIPO I, se puede observar que un ladrillo con 70% de relave permite obtener una mayor resistencia a la compresión.

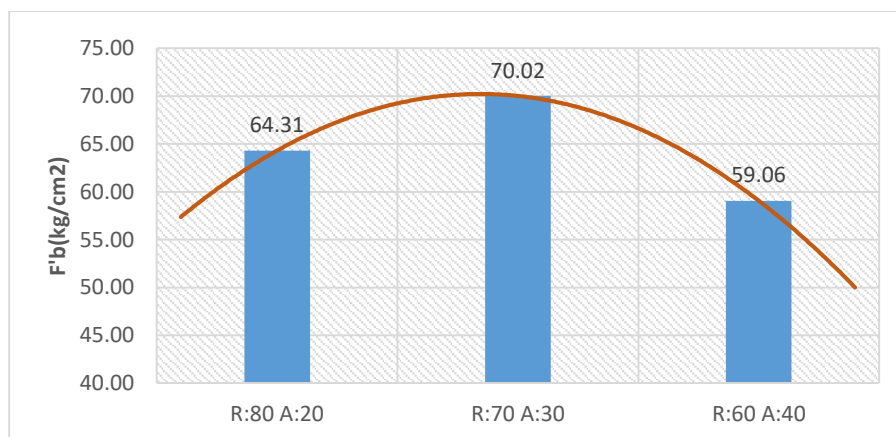


Figura 69: Resistencia a la Compresión Individual Final  $f'b$  (kg/cm<sup>2</sup>)

- El valor de la resistencia a la compresión en pila con una dosificación de 80% de relave y 20% de arena, se obtiene un  $f'm=39.34$  kg/cm<sup>2</sup>, que por resistencia se puede clasificar

como un ladrillo artesanal, por otro lado, con una dosificación de 70% de relave y 30% de arena, se obtiene un  $f'm=42.86\text{kg/cm}^2$  que por resistencia se podría clasificarse como un ladrillo artesanal y con una dosificación de 60% de relave y 40% de arena se pudo determinar que la resistencia  $f'm=39.23\text{ kg/cm}^2$  que por resistencia se podría clasificar como un ladrillo artesanal.

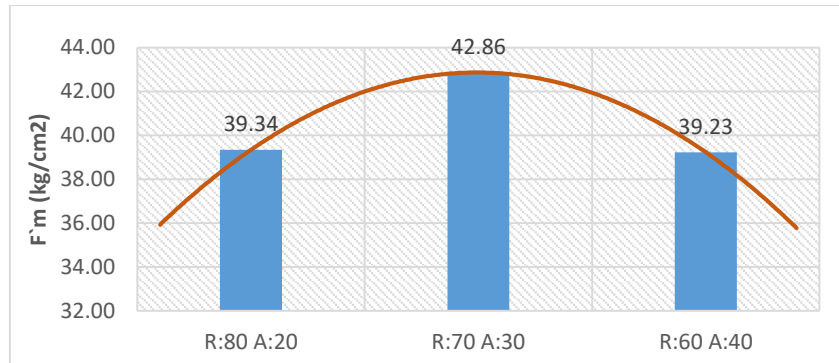


Figura 70: Resistencia a la Compresión en Pila  $f'm$  (kg/cm<sup>2</sup>)

- En cuanto a la eflorescencia se puede observar que en todos los casos presentan algunas manchas a partir del segundo día.

Tabla XCV:

Resumen de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Unidades de Albañilería

PROP. FISICAS	MUESTRA	Proporción en Mezcla.		
		R:80 A:20	R:70 A:30	R:60 A:40
DENSIDAD	M-01	2.00	1.97	1.92
	M-02	2.04	1.95	1.90
	M-03	2.02	1.96	1.93
	PROMEDIO	2.02	1.96	1.917
ABSORCIÓN	M-01	11.22%	11.80%	15.46%
	M-02	11.23%	11.28%	15.04%
	M-03	11.19%	16.74%	16.10%
	PROMEDIO	11.20%	13.30%	15.50%
ABSORCIÓN MAXIMA	M-01	21.46%	23.38%	26.18%
	M-02	21.08%	23.47%	24.72%
	M-03	21.81%	23.87%	25.08%
	PROMEDIO	21.50%	23.60%	25.30%
COEFICIENTE DE SATURACIÓN	PROMEDIO	0.521	0.564	0.613
SUCCION Gr./200 cm <sup>2</sup> /min.	M-01	24.96	32.45	35.00
	M-02	23.11	35.4	35.81
	M-03	24.03	35.32	36.87
	PROMEDIO	24.033	34.39	35.893
VARIABILIDAD DIMENSIONAL	VL(%)	2.11%	2.26%	2.53%
	Vb(%)	3.00%	4.55%	5.00%
	Va(%)	3.18%	1.18%	1.76%
COMPRESION INDIVIDUAL	$f'b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	64.31	70.02	59.06
COMPRESION EN PILA	$f'm$ (kg/cm <sup>2</sup> )	39.34	42.86	39.23

## 4.2 Contrastación de hipótesis general

- Las propiedades físicas del relave minero si influye optimizando del ladrillo artesanal en el distrito de Pullo, Ayacucho puesto que al emplear relave para elaborar ladrillos artesanales se obtienen características físicas y mecánicas que de acuerdo a la normativa se puede clasificar como ladrillo tipo II, en una proporción de Relave 70% y arena 30%, con fines estructurales, asimismo se puede apreciar que esta misma proporción nos permite obtener mejores resultados, por lo que es recomendable realizar una mezcla con esas cantidades para elaborar ladrillos artesanales de relave.
- Teniendo en cuenta que según el RNE E0.70, el ladrillo tipo I debe tener una resistencia a la compresión mínimo  $f^b=50 \text{ kg/cm}^2$  (ver tabla N°03), asimismo teniendo en cuenta que la unidad artesanal alcanza una resistencia  $f^b=55\text{kg/cm}^2$  (ver tabla N°04 ), de acuerdo a la máxima resistencia alcanzada de los ladrillos el cual es  $f^b = 70.02\text{kg/cm}^2$  para ladrillo elaborados con 70% relave y 30% de arena, se puede clasificar como un ladrillo artesanal de tipo II de acuerdo a la resistencia.
- Teniendo en cuenta la ubicación del Centro poblado de Relave, el cual está dentro de la Zona 04 según la zonificación sísmica de la NORMA E0.30 diseño sismoresistente, y en base a las limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales, el ladrillo artesanal obtenido en base al relave minero no podría emplearse en muros portantes de edificaciones de más de 4 pisos (ver tabla N°05).

## 4.3 Contrastación de hipótesis específica

- El peso específico del relave minero si influye en la optimización del ladrillo artesanal King Kong en el distrito de Pullo-Ayacucho, puesto que teniendo en cuenta que el peso específico del relave es de  $2.58 \text{ gr./cm}^3$  permite obtener ladrillos con una densidad que varía entre  $1.92 \text{ gr/cm}^3$  a  $2.02 \text{ gr/cm}^3$  de acuerdo al porcentaje de relave empleado. Se puede rescatar que el peso del ladrillo se incrementa al emplear mayor cantidad de relave dentro de su composición.
- El grado de cementación influye en la optimización del ladrillo artesanal King Kong en el distrito de Pullo-Ayacucho, puesto que al secarse a temperatura de ambiente de entre  $15^\circ\text{C}$  a  $25^\circ\text{C}$ , alcanza un grado de cementación moderado, lo cual permite que sea factible el moldeo garantizando que el ladrillo sea moldeable y no se desmorone con facilidad.
- La porosidad del relave minero influye optimizando el ladrillo artesanal en el distrito de Pullo-Ayacucho, teniendo en cuenta que la porosidad del relave minero es de 43.76% se pudo observar que para la preparación de la mezcla de barro, se requiere gran cantidad de agua para que el relave esté completamente saturado y a pesar de ello, la mezcla presenta conglomerados de tierra seca o grumos lo cual no permite buena trabajabilidad y debilita o baja la resistencia de los ladrillos, pues el relave al no estar en contacto con el agua no alcanza el grado de cementación y estas partículas se desmoronan con mayor facilidad; asimismo teniendo en

cuenta la porosidad del relave, luego de quemado los ladrillos, se pudo determinar que la absorción del ladrillo varía de 11.20%, 13.30% y 15.50% , y el coeficiente de saturación es de 0.521, 0.564 y 0.613 para 80%, 70% y 60% de relave respectivamente; los ladrillos elaborados empleando menor cantidad de relave y mayor cantidad de arena permitieron obtener mayor absorción, y en estos casos es necesario humedecer los ladrillos a fin de que no quite humedad del mortero y afecte su fraguado.

## V. CONCLUSIONES

- Elaborar ladrillos empleando 80% de relave y 20% de arena, permite obtener un  $f^{\prime}b=64.31$  kg/cm<sup>2</sup>, el cual puede clasificarse como un ladrillo tipo I, superando en 16.93% a la compresión mínima para ladrillos artesanales, asimismo empleando 70% de relave y 30% de arena, permite obtener un  $f^{\prime}b=70.02$  kg/cm<sup>2</sup>, que se clasifica como tipo II, superando en 27.31% a la resistencia mínima a la compresión de las unidades de albañilería artesanales y empleando 60% de relave y 40% de arena, permite obtener  $f^{\prime}b=59.06$  kg/cm<sup>2</sup>, el cual puede clasificarse como un ladrillo tipo I, superando en 7.38 % a la resistencia mínima a la compresión para ladrillos artesanales, de acuerdo a los resultados obtenido se puede rescatar que empleando con 70% de arena se obtiene una mayor resistencia a la compresión.
- En base a las propiedades físicas del relave minero se puede elaborar ladrillos artesanales estén dentro de los límites establecidos por la norma siempre y cuando se mejore la granulometría del relave minero con 30% de arena para evitar conglomerados o grumos debido a que el relave minero tiene gran cantidad de finos asimismo mejorar la trabajabilidad de la mezcla de barro.
- El peso específico promedio del relave minero es de 2.58 gr/cm<sup>3</sup>; por lo que se puede observar que al emplear relave minero para la elaboración de ladrillos permite obtener una densidad de ladrillo promedio de 2.02gr/cm<sup>3</sup> para una proporción de 20% de arena y 80% de relave, también una densidad de 1.96 gr/cm<sup>3</sup> para una proporción de 30% de arena y 70% de relave y una densidad promedio 1.92 gr/cm<sup>3</sup> para una proporción de 40% de arena y 60% de relave, con estos resultados se puede inducir que el peso específico del relave influye en el peso de los ladrillos, pues a mayor cantidad de relave el ladrillo tiende a pesar más.
- El grado de cementación del relave es moderado y por tanto esta propiedad permite buen moldeo y forjado de los ladrillos, la mezcla al secarse no se desmorona fácilmente y los ladrillos crudos tienen mayor estabilidad.
- La porosidad del relave minero promedio es de 43.83%, esta porosidad indica que existe vacíos de entre partícula y partícula, asimismo se pudo observar que para 80% de relave y 20% de arena se tiene 11.20% de absorción, para 70% de relave y 30% de arena se obtiene una absorción del 13.30%, y para 60% de relave y 40% de arena, da una absorción del 15.50%, teniendo en cuenta estos resultados se pueden observar que, para mayores cantidades de relave, se obtuvo menores absorciones. Por otra parte, la succión promedio para 80% de relave y 20% de arena es de 24.033gr/200cm<sup>2</sup>-min, para 70% de relave y 30% de arena es de 34.39 gr/200cm<sup>2</sup>-min. y para 60% de relave y 40% de arena es de 35.893 gr/200cm<sup>2</sup>-min, en base a estos resultados y según el RNE E.070 Albañilería, en

el capítulo 4, “Procedimientos de Construcción”, recomienda que la succión de las unidades arcilla al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200cm<sup>2</sup>-min, por tanto, se debe humedecer los ladrillos para evitar que el ladrillo absorba el agua del mortero y perjudique el fraguado de ésta.

- Teniendo en cuenta la granulometría del relave minero, el cual tiene gran cantidad de finos (>60% pasa la malla N°200), esto perjudica en la trabajabilidad de la mezcla pues el relave tiene gran cantidad de finos que requieren mayor cantidad de agua y mayor tiempo de reposo para que el agua filtre entre sus partículas, esto es perjudicioso para la elaboración de la mezcla pues requiere de mayor esfuerzo para obtener una mezcla homogénea y así evitar los grumos o terrones internos que no alcanzan el máximo grado de cementación de la mezcla y debilitan el resultado final de los ladrillos, para mejorar esta condición es necesario agregar 30% de arena.
- Se pudo observar que los ladrillos con 30% de arena y 70% de relave, tuvo un comportamiento más óptimo, por lo que la granulometría recomendable para la elaboración de ladrillos a partir de relave minero es tal como se muestra en el siguiente Tabla.
- Respecto a la variabilidad dimensional, el ladrillo en base a 20% de arena y 80% relave se puede clasificar como un ladrillo TIPO III, con 30% de arena y 70% relave se puede clasificar como un ladrillo TIPO II, con 30% de arena y 70% relave se puede clasificar como un ladrillo TIPO II, respecto al alabeo alcanza una concavidad máxima de 1.80mm y convexidad máxima de 1.70mm.
- Emplear Relave Minero para la producción de ladrillos artesanales, reduciría el costo comercial de los ladrillos de manera drástica, pues de acuerdo al análisis económico el costo de los ladrillos de relave minero representa del 51 al 53% del costo de los ladrillos en la actualidad.

## VI. RECOMENDACIONES

- Desarrollar metodologías para eliminar el cianuro y el arsénico aun presentes en los ladrillos luego de quemar, pues se puede apreciar que el horno no elimina estos agentes químicos al 100% y aún existen estos agentes de tal manera que superan a los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM.
- Realizar más estudios relacionados al tema para garantizar que estos ladrillos obtenidos de relave minero sean confiables para la salud de las personas.
- Desarrollar concretos y sus derivados mediante la técnica de microencapsulación de agentes químicos que evita que éstos emigren hacia el exterior, sin embargo, no se recomienda agregar cemento y cal para la elaboración de ladrillos quemados en hornos, pues éstos pierden sus propiedades físicas cuando son sometidos a altas temperaturas y se obtienen ladrillos color amarillo y débiles que no son buenos para la construcción.
- Desarrollar metodologías de producción basado en máquinas o equipos mecánicos a fin de evitar que los trabajadores se expongan a los agentes químicos presentes durante la producción.
- Para la fabricación de ladrillos empleando relave de las minas, es necesario contar con un plan de seguimiento en seguridad y salud ocupacional eficiente, enfocado principalmente en los posibles accidentes por contaminación con agentes químicos.
- Para el moldeo de los ladrillos emplear extrusoras a fin de evitar en la mayoría de los casos el contacto directo con el relave.
- Si el método de producción es mediante un método manual, todo personal debe tener una capacitación constante, asimismo se debe hacer uso de equipos de protección personal en todo momento y a la vez se debe contar con plan de Seguridad y Salud ocupacional.
- Elaborar ladrillos a partir de los conceptos obtenidos, puesto que a través de los observado, es posible elaborar ladrillos con características físicas y mecánica idóneas para la construcción, sin embargo se recomienda desarrollar metodologías eficientes para garantizar la inocuidad de los materiales, solo de esta manera de podría dar un valor agregado a los relave mineros y desarrollar una minería sostenible y eco amigable.
- Siempre use guantes y ropa adecuada cuando mezcle, o use métodos de mezcla mecánicos usando una mezcladora o batidora que tenga movimiento dinámico debido a algún tipo de energía, que puede ser eléctrica o mecánica. Se recomienda evitar el contacto directo con el relave minero.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- [1] J. Vite Torres, Elaboración de materiales de construcción a partir de residuos industriales sólidos granulares, 2008.
- [2] M. F. Loyola Alama y J. N. Valencia Rodriguez, Elaboración de bloques de construcción en base de relave minero, desechos de obras y cemento portland, para viviendas de interés social, Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2019.
- [3] G. A. Anicama Acosta, Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios, Lima: Pontificia Universidad del Perú, 2010.
- [4] A. A. Romero Baylón y S. L. Flores Chávez, Reuso de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas, Ticapampa: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2010.
- [5] J. V. Quichca Palomino, Diseño de mezcla de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando relave minero para tránsito ligero relavera Pacococha-p Virreyna–Castrovirreyna-Huancavelica, Castrovirreyna: Universidad Peruana de los Andes, 2016.
- [6] J. G. Soto Trinidad, Elaboración De Adoquines Cerámicos Con El Uso De Puzolanas, Aserín Y Relave Minero De Ticapampa, Recuay - Ancash, Recuay: Universidad César Vallejo, 2017.
- [7] D. E. Milla Lázaro, Resistencia a la compresión de una unidad de adobe empleando una prensa manual y sustituyendo el 10%, 20% y 30%, por relave minero de Ticapampa, en la provincia de Huaraz – 2017, Huaraz: Universidad San Pedro, 2017.
- [8] F. J. Cárdenas Ticlavilca, Propuesta de uso de relaves de mina polimetálica en la fabricación de unidades de albañilería - caso ex unidad minera Mercedes 3, Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2019, p. 174.
- [9] J. P. Ángeles Rodriguez, Gestión de riesgos del relave y su incidencia en la contaminación ambiental en la compañía minera Laytaruma S.A. de la región Ayacucho, Huaráz, 2015.
- [10] H. Auccasi Espilco, Diseño de mezcla con adición de relaves mineros para pavimentos de resistencia media, Ayacucho 2018, Huancayo, 2018.

- [11] A. San Bartolomé Ramos, Construcciones de Albañilería, Primera ed., Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 1994.
- [12] L. M. Atarés Huerta, «Determinación de la porosidad,» 2015. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/10251/52102>.
- [13] J. Campos Rodriguez y G. M. Guardia Niño de Guzmán, Mecánica de Suelos: Problemas Resueltos, 1ra Edición ed., 2012.
- [14] H. Gallegos y C. Casabonne, Albañilería Estructural, Tercera ed., N. P. S.A.C., Ed., Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.
- [15] Empresa Editora Macro EIRL, Reglamento Nacional de Edificaciones, SEXTA ed., E. E. M. EIRL, Ed., Lima: Empresa Editora Macro EIRL, 2014.
- [16] D. Ondarse Álvarez, «Concepto,» 15 julio 2021. [En línea]. Available: <https://concepto.de/ph/>.

## VIII. ANEXOS



### ANALISIS GRANULOMETRICO

**Solicitado por** : Bach. MASCO CASTRO, Anthony Jainer  
**Proyecto** : Eficacia de las Prop. Fisicas del Relave Minero para Optimiz. el Ladrillo Artes. King-Kong del Dist. De Pullo - Ayacucho 2019  
**Ubicación** : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO  
**Tipo de Exploración** : A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** : ING. RENE CANCHARI VEGA  
**Fecha** : ICA, ENERO DEL 2021

CERTIFICADO N° 001-21

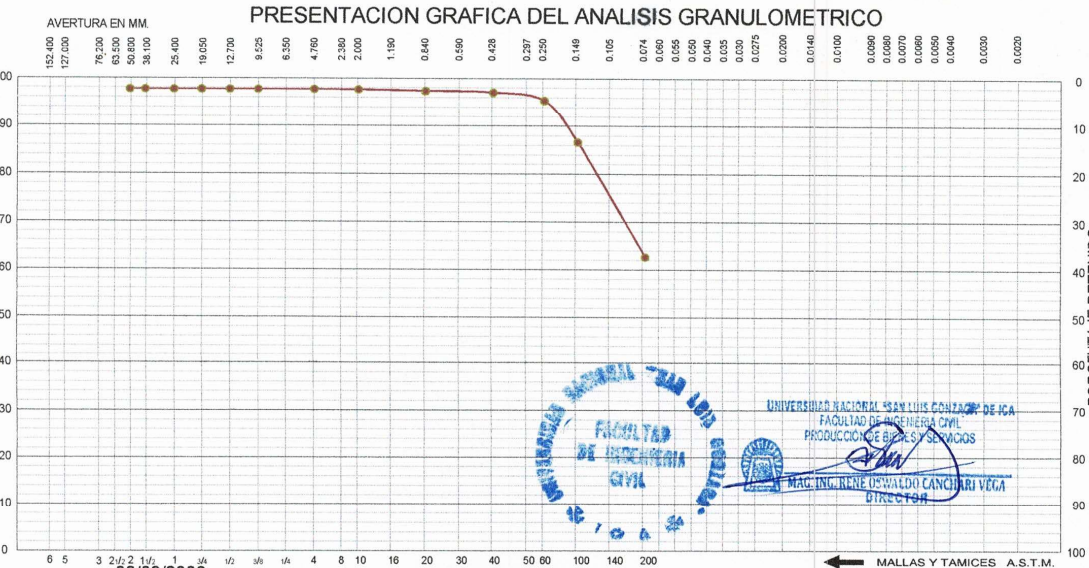
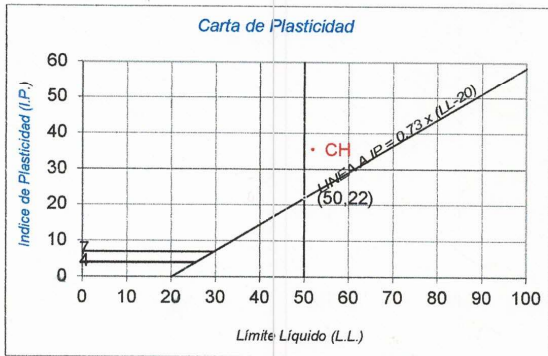
Boleta N° 2447

**Procedencia** : Distrito de PULLO - AYACUCHO  
**Muestra** : Mat. Relave Pot. ILIMITADA  
**Peso de Muestra** : 1000.00 grs.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO					
Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.700				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	0.00	0.00	100.00	0.00
8	2.300				
10	2.000	1.30	0.13	99.87	0.13
16	1.190				
20	0.840	2.50	0.25	99.62	0.38
30	0.590				
40	0.420	3.30	0.33	99.29	0.71
50	0.297				
60	0.250	17.40	1.74	97.55	2.45
80	0.177				
100	0.149	90.10	9.01	88.54	11.46
140	0.105				
200	0.074	248.20	24.82	63.72	36.28
Fondo		637.20	63.72	0.00	100.00
Peso Total =		1000.00	gr		
$D_{10}$ (mm)			$C_u$		
$D_{30}$ (mm)			$C_c$		
$D_{60}$ (mm)					

HUMEDAD NATURAL (W)	%	<b>3.10</b>
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	<b>51.80</b>
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	<b>16.30</b>
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	<b>35.50</b>
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	<b>2.59</b>

CLASIFICACION S.U.C.S.	<b>CH</b>
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	<b>A-7 ( 7 )</b>



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
 ING. RENE OSWALDO CANCHARI VEGA  
 DIRECTOR



### ANALISIS GRANULOMETRICO

**Solicitado por** : Bach. MASCCO CASTRO, Anthony Jainer  
**Proyecto** : Eficacia de las Prop. Fisicas del Relave Minero para Optimiz. el Ladrillo Artes. King-Kong del Dist. De Pullo - Ayacucho 2019  
**Ubicación** : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO

CERTIFICADO N° 001-A-21

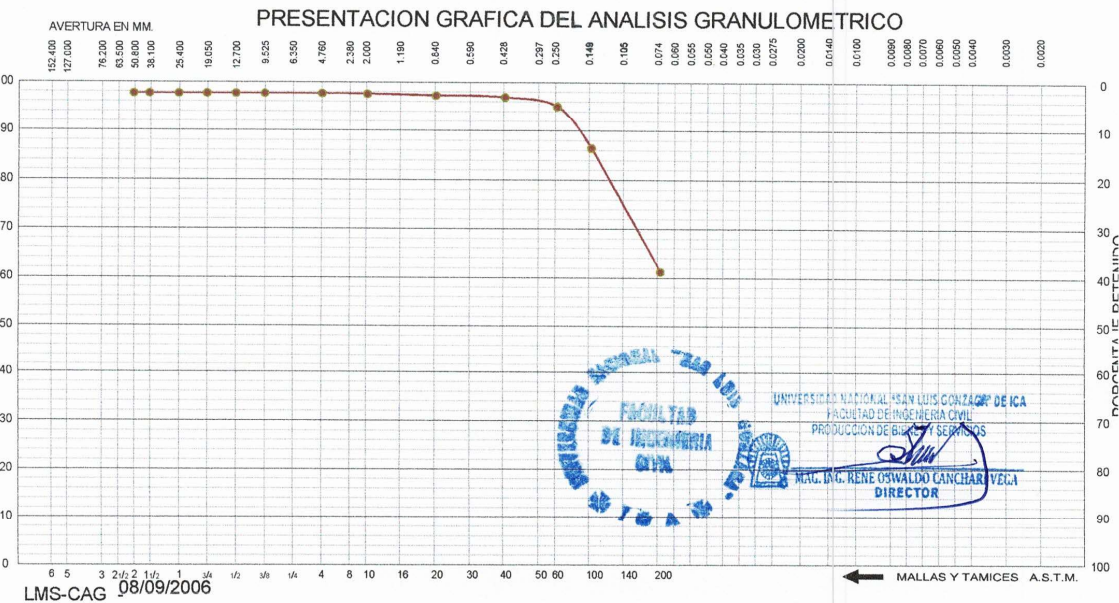
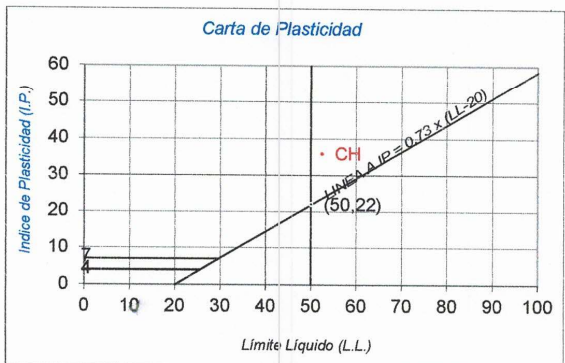
**Tipo de Exploración** : A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** : ING. RENE CANCHARI VEGA  
**Fecha** : ICA, ENERO DEL 2021

**Procedencia** : Distrito de PULLO - AYACUCHO  
**Muestra** : Mat. Relave Pot. ILIMITADA  
**Peso de Muestra** : 1000.00 grs.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO					
Tamicez	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.700				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	0.00	0.00	100.00	0.00
8	2.300				
10	2.000	1.40	0.14	99.86	0.14
16	1.190				
20	0.840	3.10	0.31	99.55	0.45
30	0.590				
40	0.420	3.50	0.35	99.20	0.80
50	0.297				
60	0.250	20.10	2.01	97.19	2.81
80	0.177				
100	0.149	88.90	8.89	88.30	11.70
140	0.105				
200	0.074	260.30	26.03	62.27	37.73
Fondo		622.70	62.27	0.00	100.00
Peso Total =		1000.00	gr		
D <sub>10</sub> (mm)			C <sub>u</sub>		
D <sub>30</sub> (mm)			C <sub>c</sub>		
D <sub>50</sub> (mm)					

HUMEDAD NATURAL (W)	%	2.85
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	52.40
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	16.50
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	35.90
PESO ESPECIFICO (gr/cc)		2.58

CLASIFICACION S.U.C.S.	CH
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-7 ( 7 )



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 PRODUCCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS  
 MAG. ING. RENE OSWALDO CANCHARI VEGA  
 DIRECTOR



### ANALISIS GRANULOMETRICO

**Solicitado por** : Bach. MASCCO CASTRO, Anthony Jainor  
**Proyecto** : Eficacia de las Prop. Fisicas del Relave Minero para Optimiz. el Ladrillo Artes. King-Kong del Dist. De Pullo - Ayacucho 2019  
**Ubicación** : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO  
**Tipo de Exploración** : A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** : ING. RENE CANCHARI VEGA  
**Fecha** : ICA, ENERO DEL 2021

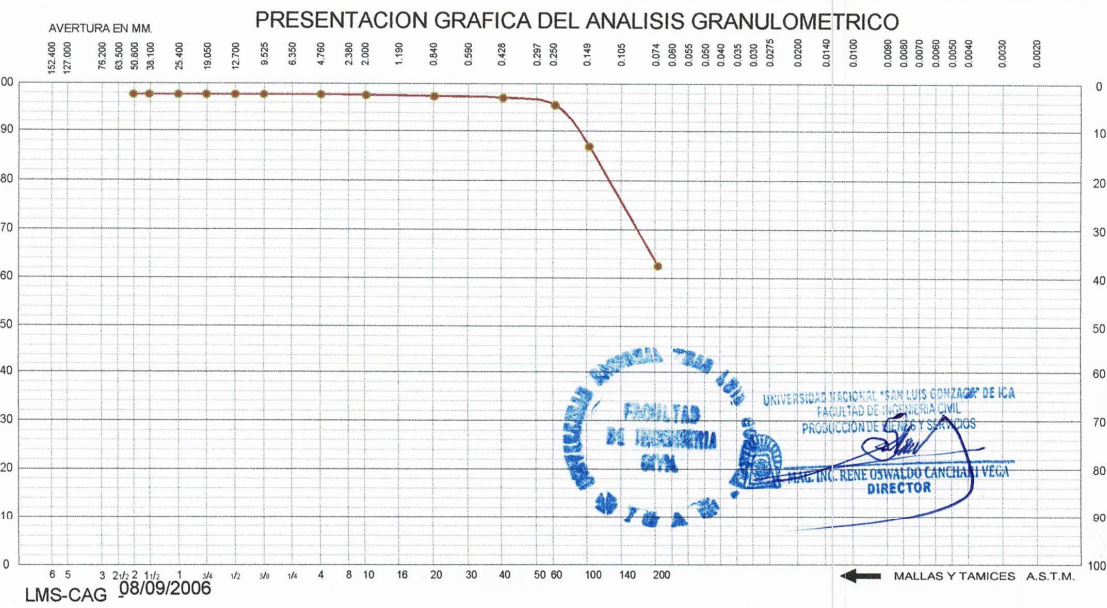
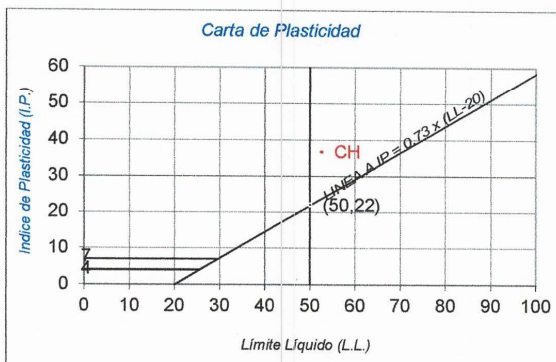
CERTIFICADO N° 001-B-21  
 Boleta N° 2447

**Procedencia** : Distrito de PULLO - AYACUCHO  
**Muestra** : Mat. Relave Pot. ILIMITADA  
**Peso de Muestra** : 1000.00 grs.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO						
ESTANDAR DE CLASIFICACION ASTM D422-D2216-D2487 / AASHTO T87	Tamizez	Aber.	Peso	% Reten.	% Pasa	% Ret.
	ASTM	mm.	reten.			Acum.
	2"	50.800				
	1 1/2"	38.100				
	1"	25.400				
	3/4"	19.000				
	1/2"	12.700				
	3/8"	9.500				
	1/4"	6.350				
	N° 4	4.760	0.00	0.00	100.00	0.00
	8	2.300				
	10	2.000	1.60	0.16	99.84	0.16
	16	1.190				
	20	0.840	2.10	0.21	99.63	0.37
	30	0.590				
	40	0.420	3.20	0.32	99.31	0.69
	50	0.297				
	60	0.250	15.40	1.54	97.77	2.23
	80	0.177				
	100	0.149	89.80	8.98	88.79	11.21
	140	0.105				
	200	0.074	252.10	25.21	63.58	36.42
	Fondo		635.80	63.58	0.00	100.00
	Peso Total =		1000.00	gr		
	$D_{10}$ (mm)			$C_u$		
	$D_{30}$ (mm)			$C_c$		
	$D_{60}$ (mm)					

HUMEDAD NATURAL (W)	%	<b>2.65</b>
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	<b>52.50</b>
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	<b>15.80</b>
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	<b>36.70</b>
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	<b>2.58</b>

CLASIFICACION S.U.C.S.	<b>CH</b>
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	<b>A-7 ( 8 )</b>





CERTIFICADO N° 01-A-21  
BOLETA N° 2447

SOLICITANTE : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZA  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

**ENSAYO DE ABSORCION - NORMA NTP - 399.613 - 2005**

Muestra	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Peso del Agua	%	% DE PROM.
				Absorción	Absorción
1	3,400.10	3,925.80	525.70	15.46%	15.53%
2	3,380.20	3,888.60	508.40	15.04%	
3	3,355.20	3,895.40	540.20	16.10%	

DOSIFICACION: R:60 A:40

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA

**ENSAYO DE ABSORCION MAXIMA - NORMA NTP - 399.613 - 2005**

Muestra	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Peso del Agua	%	% DE PROM.
				Absorción	Absorción
1	3,420.30	4,315.70	895.40	26.18%	25.33%
2	3,530.20	4,402.70	872.50	24.72%	
3	3,451.50	4,317.30	865.80	25.08%	

DOSIFICACION: R:60 A:40



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
MAG. ING. RENE OSWILDO CANCHARI VEGA  
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS DE LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
Ciudad Universitaria Panam. Sur Km. 305 - Telef. #320452



CERTIFICADO N° 01-21  
BOLETA N° 2447

SOLICITANTE : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

ENSAYO DE ABSORCION - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Peso del Agua	%	% DE PROM.
				Absorción	Absorción
1	3,471.70	3,881.40	409.70	11.80%	13.27%
2	3,484.30	3,877.20	392.90	11.28%	
3	3,418.30	3,990.60	572.30	16.74%	

DOSIFICACION: R:70 A:30

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante  
DOSIFICACION: RELAVE, ARENA

ENSAYO DE ABSORCION MAXIMA - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Peso del Agua	%	% DE PROM.
				Absorción	Absorción
1	3,382.80	4,173.60	790.80	23.38%	23.57%
2	3,454.50	4,265.30	810.80	23.47%	
3	3,419.30	4,235.40	816.10	23.87%	

DOSIFICACION: R:70 A:30





CERTIFICADO N° 01-B-21  
BOLETA N° 2447

SOLICITANTE: : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO: : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZI  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN: : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA: : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador: : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR: : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA: : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

#### ENSAYO DE ABSORCION - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Peso del Agua	%	% DE PROM.
				Absorción	Absorción
1	3,571.70	3,972.30	400.60	11.22%	11.21%
2	3,584.30	3,986.70	402.40	11.23%	
3	3,618.30	4,023.20	404.90	11.19%	

DOSIFICACION R:80 A:20

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA

#### ENSAYO DE ABSORCION MAXIMA - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Peso del Agua	%	% DE PROM.
				Absorción	Absorción
1	3,581.70	4,350.40	768.70	21.48%	21.45%
2	3,593.30	4,350.70	757.40	21.08%	
3	3,616.40	4,405.30	788.90	21.81%	

DOSIFICACION R:80 A:20





CERTIFICADO N° 01-B-21  
BOLETA N° 2447

SOLICITANTE: : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO: : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN: : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador: : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR: : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA: : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

COMPRESION INDIVIDUAL DE LADRILLO - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Peso gr.	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Area (BRUTA)	Vol. Ladrillo	Peso Volumetrico
					cm <sup>2</sup> .	cm <sup>3</sup> .	gr/cm <sup>3</sup> .
1	3,760.80	19.30	11.40	8.30	220.02	1,826.17	2.06
2	3,680.30	19.20	11.30	8.20	216.96	1,779.07	2.07
3	3,690.60	19.30	11.40	8.30	220.02	1,826.17	2.02

Muestra	Vol. de Ladrillo	Carga en Libras.	Carga Max. kg.	Resistencia de Ladrillo	Dosificación: R:80 A:20
				en Kg/cm <sup>2</sup>	
1	1,826.17	31,233.00	14,167.05	64.39	
2	1,779.07	31,630.00	14,347.13	66.13	
3	1,826.17	31,550.00	14,310.84	65.04	

NOTA: Las unidades de Ladrillo artesanal solido fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA





CERTIFICADO N° 01-21  
BOLETA N° 2447

SOLICITANTE: : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO: : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN: : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador: : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR: : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA: : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

COMPRESION INDIVIDUAL DE LADRILLO - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Peso gr.	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Area (BRUTA) cm <sup>2</sup> .	Vol.Ladrillo cm <sup>3</sup> .	Peso Volumetrico gr/cm <sup>3</sup> .
1	3,558.50	19.30	11.20	8.30	216.16	1,794.13	1.98
2	3,392.50	18.90	11.00	8.20	207.90	1,704.78	1.99
3	3,463.17	19.20	10.90	8.40	209.28	1,757.95	1.97

Muestra	Vol.de Ladrillo	Carga en Libras.	Carga Max. kg.	Resistencia de Ladrillo en Kg/cm <sup>2</sup>
1	1,794.13	33,383.00	15,142.27	70.05
2	1,704.78	32,138.00	14,577.55	70.12
3	1,757.95	32,452.00	14,719.98	70.34

Dosificacion: R:70 A:30

NOTA: Las unidades de Ladrillo solido fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
MAG. ING. RENE OSWALDO LANCHARI VEGA  
DIRECTOR



CERTIFICADO N° 01-A-21  
BOLETA N° 2447

SOLICITANTE: : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO: : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN: : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador: : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR: : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA: : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

COMPRESION INDIVIDUAL DE LADRILLO - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Peso gr.	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Area (BRUTA)	Vol. Ladrillo	Peso Volumetrico
					cm <sup>2</sup> .	cm <sup>3</sup> .	gr/cm <sup>3</sup> .
1	3,229.31	19.20	11.30	8.20	216.96	1,779.07	1.82
2	3,319.64	19.10	11.20	8.40	213.92	1,796.93	1.85
3	3,334.95	19.30	11.40	8.30	220.02	1,826.17	1.83

Muestra	Vol. de Ladrillo	Carga en Libras.	Carga Max. kg.	Resistencia de Ladrillo	Disifcacion: R:60 A:40
				en Kg/cm <sup>2</sup>	
1	1,779.07	28,935.00	13,124.70	60.49	
2	1,796.93	27,840.00	12,628.01	59.03	
3	1,826.17	29,040.00	13,172.32	59.87	

NOTA: Las unidades de Ladrillo artesanal solido fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA





CERTIFICADO N° 01-B-21  
BOLETA N°2447

SOLICITANTE: : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
OBRA: : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN: : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/M: LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operado : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR: : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA: : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

**ENSAYO DE COMPRESION EN PILA - NORMA NTP - 399.613 - 2005**

Muestra	PESO (gr)	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Area Bruta cm.	Carga Libras	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	12,853.20	19.40	11.20	28.30	217.28	19,121.60	8,673.41	39.92
2	12,938.40	19.40	11.30	28.40	219.22	19,005.10	8,620.57	39.32
3	12,797.50	19.50	11.30	28.30	220.35	18,899.50	8,572.67	38.90
PROMEDIO								39.38

Dosificacion: R:80 A:20

NOTA: Las unidades de Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
ING. RENE OSWALDO CANCHARI VEGA  
DIRECTOR



CERTIFICADO N° 001-21  
BOLETA N° 2447

SOLICITANTE: : Bach. MASCO CASTRO Anthony Jainor  
OBRA: : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN: : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/ : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operado : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR: : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA: : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

**ENSAYO DE COMPRESION EN PILA - NORMA NTP - 399.613 - 2005**

Muestra	PESO (gr)	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Area bruta (cm2).	Carga Libras	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	12,057.93	19.40	11.10	28.40	215.34	20,831.30	9,448.92	43.88
2	12,015.20	19.30	11.20	28.40	216.16	20,152.10	9,140.84	42.29
3	12,227.55	19.40	11.30	28.50	219.22	20,663.40	9,372.76	42.76
PROMEDIO								42.97
Dosificación: R:70 A:30								

NOTA: Las unidades de Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
MAG. ING. RENE OSWALDO CANCHARI VEGA  
IDRE CTRAR



CERTIFICADO N° 001-A-21  
BOLETA N° 2447

SOLICITANTE: : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
OBRA: : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN: : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/M: LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operado : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR: : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA: : ICA, MARZO DEL 2021  
Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

**ENSAYO DE COMPRESION EN PILA - NORMA NTP - 399.613 - 2005**

Muestra	PESO (gr)	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Area Bruta cm <sup>2</sup>	Carga Libras	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	11,687.93	19.30	11.20	28.40	216.16	18,630.00	8,450.43	39.09
2	11,615.20	19.30	11.20	28.30	216.16	18,750.00	8,504.86	39.35
3	11,597.55	19.30	11.30	28.30	218.09	18,564.00	8,420.49	38.61
PROMEDIO								39.02

Dosificación: R:60 A:40

NOTA: Las unidades de Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA





CERTIFICADO N° 001-A-21  
BCLETA N°2447

SOLICITANTE: : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO: : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN: : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador: : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR: : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA: : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

**ENSAYO DE DENSIDAD DE LADRILLO NORMA NTP - 399.613 - 2005**

Muestra	Bloque gr.	Bloque+Cera gr.	Bloque+Cera (Sumergido) gr.	Cera gr.	Bloque (Sumergido) gr.	Empuje de Agua gr.	Volumen Sumergido cm3	Densidad gr/cm3
1.00	1,125.60	1,278.00	691.14	152.40	538.74	583.86	586.86	1.92
2.00	1,253.40	1,416.90	755.96	163.50	592.46	660.94	660.94	1.90
3.00	1,112.30	1,258.10	682.09	145.80	536.29	573.01	576.01	1.93

DOSIFICACION: R:60 A:40

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS DE LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
ING. ING. RENE OSWALDO CANCHARI VEGA  
DIRECTOR



CERTIFICADO N° 001-21  
BOLETA N°2447

SOLICITANTE: : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO: : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN: : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARC : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador: : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR: : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA: : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

ENSAYO DE DENSIDAD DE LADRILLO NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Bloque gr.	Bloque+Cera gr.	Bloque+Cera (Sumergido) gr.	Cera gr.	Bloque (Sumergido) gr.	Empuje de Agua gr.	Volumen Sumergido cm3	Densidad gr/cm3
1.00	1,234.20	1,399.40	773.77	165.20	608.57	625.63	625.63	1.97
2.00	1,332.30	1,503.60	820.63	171.30	649.33	682.97	682.97	1.95
3.00	1,180.40	1,351.20	749.67	170.80	578.87	601.53	601.53	1.96

DOSIFICACION: R:70 A:30

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA





CERTIFICADO N° 01-B-21  
BOLETA N°2447

SOLICITANTE : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019 LADRILLO  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
TÉCNICO OPERADOR : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

ENSAYO DE DENSIDAD DE LADRILLO NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Bloque gr.	Bloque+Cera gr.	Bloque+Cera (Sumergido) gr.	Cera gr.	Bloque (Sumergido) gr.	Empuje de Agua gr.	Volumen Sumergido cm3	Densidad gr/cm3
1.00	1,145.40	1,315.90	743.56	170.50	573.06	572.34	572.34	2.00
2.00	1,132.30	1,313.80	757.95	181.50	576.45	555.85	555.85	2.04
3.00	1,170.30	1,333.70	754.70	163.40	591.30	579.00	579.00	2.02

DOSIFICACION: R:80 A:20

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: Ladrillos elaborados con Relave minero y arena





CERTIFICADO N° 01-B-21  
BOLETA N°2447

SOLICITANTE : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
OBRA : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

**ENSAYO DE DIMENCIONAMIENTO - NORMA NTP - 399.613 - 2005**

Muestra	PESO gr.	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	AREA cm.	Volumen cm³	Peso Vol. gr/cm³			
1		19.30	11.40	8.30						
1	3,663.30	19.40	19.40	11.30	11.33	8.20	8.28	219.80	1,819.96	2.01
1		19.40	11.30	8.20						
1		19.50	11.30	8.40						
2		19.30	11.20	8.20						
2	3,583.60	19.20	19.28	11.20	11.23	8.30	8.23	216.51	1,781.91	2.01
2		19.30	11.30	8.20						
2		19.30	11.20	8.20						
3		19.30	11.30	8.30						
3	3,654.20	19.30	19.28	11.30	11.25	8.30	8.25	216.90	1,789.43	2.04
3		19.20	11.20	8.20						
3		19.30	11.20	8.20						

Dosificación: R:80 A:20

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA





CERTIFICADO N° 001-21  
BOLETA N°2447

SOLICITANTE : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
OBRA : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA : ICA, MARZO DEL 2021  
Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

ENSAYO DE DIMENCIONAMIENTO - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	PESO	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	AREA cm.	Volumen cm <sup>3</sup>	Peso Vol. cm <sup>3</sup>
1		19.30	11.50	8.60			
1	3,735.60	19.50	19.40	11.60	11.50	8.70	8.60
1		19.40	11.40	8.50			
1		19.40	11.50	8.60			
2		19.60	11.60	8.70			
2	3,767.70	19.50	19.43	11.40	11.48	8.60	8.58
2		19.30	11.50	8.50			
2		19.30	11.40	8.50			
3		19.30	11.50	8.60			
3	3,695.50	19.40	19.35	11.40	11.45	8.50	8.55
3		19.40	11.50	8.60			
3		19.30	11.40	8.50			

Dosificación: R:70 A:30

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante  
DOSIFICACION: RELAVE, ARENA





CERTIFICADO N° 001-A-21  
BOLETA N°2447

SOLICITANTE : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
OBRA : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

ENSAYO DE DIMENCIONAMIENTO - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	PESO	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	AREA cm.	Volumen cm <sup>3</sup>	Peso Vol. cm <sup>3</sup>
1		19.50		11.40		8.60	
1	3,625.80	19.40	19.40	11.50	11.45	8.60	222.13
1		19.30		11.40		8.60	
1		19.40		11.50		8.60	
2		19.50		11.50		8.60	
2	3,685.30	19.40	19.45	11.60	11.50	8.70	8.65
2		19.40		11.40		8.70	
2		19.50		11.50		8.60	
3		19.50		11.50		8.60	
3	3,755.20	19.40	19.48	11.60	11.55	8.70	8.65
3		19.50		11.50		8.60	
3		19.50		11.60		8.70	

Dosificacion R:60 A:40

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
ING. RENE OSWALDO CANCHARI VEGA  
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS DE LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
Ciudad Universitaria Panam. Sur Km. 305 - Telef. #320452



CERTIFICADO N° 01-B-21  
BOLETA N° 2447

SOLICITANTE : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARC/: LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
TÉCNICO OPERADOR : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

ENSAYO DE SUCCIÓN - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Ancho cm	Largo cm	Alto cm	Area cm <sup>2</sup>	Peso gr. L. Seco	Peso gr. L. Saturado	Succión gr./200 cm <sup>2</sup> /min.
1	11.4	19.4	8.3	221.16	3,750.80	3,778.40	24.96
2	11.3	19.3	8.4	218.09	3,690.40	3,715.60	23.11
3	11.3	19.3	8.3	218.09	3,650.20	3,676.40	24.03
SUCCIÓN PROMEDIO							24.03

DOSIFICACION: R:80 A:20

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
MAG. ING. RENE OSWALDO CANCHARI VEGA  
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS DE LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
Ciudad Universitaria Panam. Sur Km. 305 - Telef. #320452



CERTIFICADO N° 01-21  
BOLETA N° 2447

SOLICITANTE : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
TÉCNICO OPERADOR : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

**ENSAYO DE SUCCIÓN - NORMA NTP - 399.613 - 2005**

Muestra	Ancho cm	Largo cm	Alto cm	Area cm <sup>2</sup>	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Succión gr./200 cm <sup>2</sup> /min.
1	11.4	19.3	8.3	220.02	3,620.80	3,656.50	32.45
2	11.3	19.3	8.3	218.09	3,630.40	3,669.00	35.40
3	11.5	19.3	8.4	221.95	3,598.20	3,637.40	35.32
SUCCIÓN PROMEDIO							34.39

DOSIFICACION: R:70 A:30

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
MAG. ING. RENE USUALDO CANCHARI VEGA  
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS DE LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
Ciudad Universitaria Panam. Sur Km. 305 - Telef. #320452



CERTIFICADO N° 01-A-21  
BOLETA N° 2447

SOLICITANTE : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

ENSAYO DE SUCCIÓN - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Ancho cm	Largo cm	Alto cm	Area cm <sup>2</sup>	Peso L. Seco	Peso L. Saturado	Succión gr./200 cm <sup>2</sup> /min.
1	11.4	19.4	8.4	221.16	3,550.80	3,589.50	35.00
2	11.4	19.3	8.4	220.02	3,580.40	3,619.80	35.81
3	11.3	19.3	8.4	218.09	3,560.20	3,600.40	36.87

SUCCIÓN PROMEDIO 35.89

DOSIFICACION: R.60 A:40

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
ING. RENE OSWALDO CANCHARI VEGA  
DIRECTOR



CERTIFICADO N° 001-A-21  
BOLETA N°2447

SOLICITANTE: : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO: : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN: : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador: : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR: : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA: : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

**ENSAYO DE EFLORESCENCIA LADRILLO - NORMA NTP - 399.613 - 2005**

Muestra	Humedecimiento	1° de observacion	2° de observacion	3° de observacion	Resultados de observacion
I <sub>Er</sub>	1- 2.0 cm.	NP	SP	SP	A PARTIR DEL SEGUNDO
II <sub>Er</sub>	1- 1.5 cm.	NP	SP	SP	DIA PRESENTAN ALGUNAS
III <sub>Er</sub>	1- 2.0 cm.	NP	NP	SP	MANCHAS BLANCAS

DOSIFICACION R:60 A:40

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
MAG. ING. RENE OSWALDO CANCHARI VEGA  
DIRECTOR



CERTIFICADO N° 001-21  
BOLETA N°2447

SOLICITANTE: : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO: : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO  
ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN: : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador: : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR: : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA: : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

**ENSAYO DE EFLORESCENCIA LADRILLO - NORMA NTP - 399.613 - 2005**

Muestra	Humedecimiento	1° de observacion	2° de observacion	3° de observacion	Resultados de observacion
I <sub>Ef</sub>	1- 1.5 cm.	NP	NP	SP	A PARTIR DEL SEGUNDO
II <sub>Ef</sub>	1- 2.0 cm.	NP	SP	SP	DIA PRESENTAN ALGUNAS
III <sub>Ef</sub>	1- 1.5 cm.	NP	SP	NP	MANCHAS BLANCAS

DOSIFICACION R:70 A:30

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
MAG. ING. RENE OSWALDO CANCHARI VEGA  
DIRECTOR



CERTIFICADO N° 01-B-21  
BOLETA N°2447

SOLICITANTE : Bach. MASCCO CASTRO Anthony Jainor  
PROYECTO : EFICACIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL RELAVE MINERO PARA OPTIMIZAR EL LADRILLO ARTESANAL KING-KONG EL DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO 2019  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PULLO - AYACUCHO - (ANEXO RELAVE)  
PROCEDENCIA/MARCA : LADRILLO ELABORADO EN BASE A RELAVE MINERO  
Técnico operador : Gonzalo Tejeda  
DIRECTOR : Ing. Rene Canchari Vega  
FECHA : ICA, MARZO DEL 2021

Certifico que en la fecha indicada se realizaron los ensayos siguientes:

ENSAYO DE EFLORESCENCIA LADRILLO - NORMA NTP - 399.613 - 2005

Muestra	Humedecimiento	1° de observacion	2° de observacion	3° de observacion	Resultados de observacion
I <sub>Er</sub>	1- 1.80 cm.	NP	SP	SP	A PARTIR DEL SEGUNDO
II <sub>Er</sub>	1- 2.0 cm.	NP	SP	SP	DIA PRESENTAN ALGUNAS
III <sub>Er</sub>	1- 1.50 cm.	NP	SP	SP	MANCHAS BLANCAS

DOSIFICACION R:80 A:20

NOTA: Las unidades de Ladrillo fueron proporcionados por el solicitante

DOSIFICACION: RELAVE, ARENA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
MAG. ING. RENE OSWALDO CANCHARI VEGA  
DIRECTOR

**INFORME DE ENSAYO  
IE-070522-01**

**1. DATOS DEL CLIENTE**

1.1 Cliente : ANTHONY JAINOR MASCCO  
1.2 RUC/DNI : 10714507228

**2. FECHAS**

2.1 Inicio : 10 de Mayo de 2022  
2.2 Fin : 17 de Mayo de 2022  
2.3 Emisión de informe : 18 de Mayo de 2022

**3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO**

3.1 Temperatura : 20.2 °C  
3.2 Humedad Relativa : 55 %

**4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA**

4.1 Ensayo/ método / Método utilizado : TEST ABA/ EPA-600/2-78/054 THE MODIFIED ACID BSASE ACCOUNTING(ABA) PROCEDURE; SOBEK, A, A, SCHULLER, W, A, FREEMAN, J, R AND SMITH 1978; FIELD AND LABORATORY METHODS APPLICABLE TO OVERBURDENS AND MINESOLIS. MARCH 1978 (NTIS / PB280495).

**5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA**

Tabla N°1: DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Código Interno de Muestra	Tipo de Muestra	Información Adicional
S-3837	Sólido en Polvo	M-01 (1RA MUESTRA)


**6. RESULTADOS**

**6.1. Resultados Obtenidos de TEST BALANCE ÁCIDO-BASE (ABA)**

Tabla N°2: RESULTADOS OBTENIDOS

Parámetro	Unidad	Resultado
Azufre Total, S	%	0.32
Azufre de sulfatos, S-SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	%	0.31
Azufre de Sulfuro, S <sup>2-</sup>	%	0.01
Potencial de Acidificación máxima, PAM	Kg CaCO <sub>3</sub> /T	9.85
Potencial de Neutralización, PN	Kg CaCO <sub>3</sub> /T	94.19
Potencial Neto de Neutralización, PNN	Kg CaCO <sub>3</sub> /T	94.03
Relación PN/PAM	Sin Unid.	9.85
pH en pasta	U pH	8.19

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

  
DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO  
QUÍMICO  
CQP. 1337

**INFORME DE ENSAYO  
IE-200522-02**

**1. DATOS DEL CLIENTE**

1.1 Cliente : ANTHONY JAINOR MASCCO  
1.2 RUC/DNI : 10714507228

**2. FECHAS**

2.1 Inicio : 10 de Mayo de 2022  
2.2 Fin : 17 de Mayo de 2022  
2.3 Emisión de informe : 18 de Mayo de 2022

**3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO**

3.1 Temperatura : 20.2 °C  
3.2 Humedad Relativa : 55 %

**4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA**

4.1 Ensayo / Método utilizado : DETERMINACIÓN DE METALES EN TCLP/ EPA METHOD 1311:1992, REV.0 // EPA METHOD 6020B:2014, REV.2. TOXICITY CHARACTERISTIC LEACHING PROCEDURE // INDUCTIVELY COUPLED PLASMA-MASS SPECTROMETRY.

**5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA**

Tabla N°1: DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Código Interno de Muestra	Tipo de Muestra	Información Adicional
S-3837	Sólido en Polvo	M-01 (1RA MUESTRA)

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.



DIEGO ROMANO VERGARÁ D'ARRIGO  
QUÍMICO  
CQP. 1337

**6. RESULTADOS**

**6.1. Resultados Obtenidos de Metales en TCLP**

**Tabla N°2: RESULTADOS OBTENIDOS**

Parámetro	Unidad	Resultados S-3837
Plata, Ag	mg/L	<0.005
Aluminio, Al	mg/L	0.86
Arsénico, As	mg/L	45.80
Boro, B	mg/L	0.78
Bario, Ba	mg/L	<0.0002
Berilio, Be	mg/L	<0.0003
Bismuto, Bi	mg/L	<0.009
Calcio, Ca	mg/L	302.35
Cadmio, Cd	mg/L	<0.0001
Cerio, Ce	mg/L	<0.02
Cobalto, Co	mg/L	0.04
Cromo, Cr	mg/L	<0.0003
Cobre, Cu	mg/L	0.22
Hierro, Fe	mg/L	0.15
Mercurio, Hg	mg/L	<0.001
Potasio, K	mg/L	5.62
Litio, Li	mg/L	<0.0003
Magnesio, Mg	mg/L	0.45
Manganeso, Mn	mg/L	0.19
Molibdeno, Mo	mg/L	0.09
Sodio, Na	mg/L	53.21
Níquel, Ni	mg/L	0.01
Fósforo, P	mg/L	0.75
Plomo, Pb	mg/L	<0.002
Azufre, S	mg/L	315.24
Antimonio, Sb	mg/L	<0.002
Selenio, Se	mg/L	<0.001
Silicio, Si	mg/L	14.36
Estaño, Sn	mg/L	0.01
Estroncio, Sr	mg/L	0.45
Titanio, Ti	mg/L	<0.0007
Taio, Tl	mg/L	<0.0007
Uranio, U	mg/L	<0.005
Vanadio, V	mg/L	0.61
Zinc, Zn	mg/L	0.03
Aceites y grasas	mg/L	<0.001
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	185.23
Cianuro	mg/L	96.56
Cromo VI	mg/L	<0.001
pH en pasta	U pH	8.19

\*El ensayo de TCLP se realizó con una muestra inicial aproximada de 25 g en 500 mL de Solución extractora.

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio.
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

**FIN DE DOCUMENTO**

*[Firma]*  
DIEGO ROMANO VERGARA D'ARRIGO  
QUÍMICO  
CQP. 1337

**INFORME DE ENSAYO  
IE-200522-03**

**1. DATOS DEL CLIENTE**

1.1 Cliente : ANTHONY JAINOR MASCCO  
1.2 RUC/DNI : 10714507228

**2. FECHAS**

2.1 Inicio : 21 de Mayo de 2022  
2.2 Fin : 30 de Mayo de 2022  
2.3 Emisión de informe : 31 de Mayo de 2022

**3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO**

3.1 Temperatura : 19.8 °C  
3.2 Humedad Relativa : 52 %

**4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA**

4.1 Ensayo / Método utilizado : DETERMINACIÓN DE METALES EN TCLP/ EPA METHOD 1311:1992, REV.0 // EPA METHOD 6020B:2014, REV.2. TOXICITY CHARACTERISTIC LEACHING PROCEDURE // INDUCTIVELY COUPLED PLASMA-MASS SPECTROMETRY.

**5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA**

Tabla N°1: DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Código Interno de Muestra	Tipo de Muestra	Información Adicional
S-3949	Sólido en Polvo	M-02 (R:80 A:20)
S-3950	Sólido en Polvo	M-03 (R:70 A:30)
S-3951	Sólido en Polvo	M-04 (R:60 A:40)

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.



DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO  
QUÍMICO  
CQP. 1337

**6. RESULTADOS**

**6.1. Resultados Obtenidos de Metales en TCLP**

**Tabla N°2: RESULTADOS OBTENIDOS**

Parámetro	Unidad	Resultados S-3949	Resultados S-3950	Resultados S-3951
Plata, Ag	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005
Aluminio, Al	mg/L	1.13	1.15	1.16
Arsénico, As	mg/L	43.70	40.20	39.86
Boro, B	mg/L	0.76	0.68	0.63
Bario, Ba	mg/L	<0.0002	<0.000	<0.0002
Berilio, Be	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Bismuto, Bi	mg/L	<0.009	<0.009	<0.009
Calcio, Ca	mg/L	310.40	311.30	312.32
Cadmio, Cd	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Cerio, Ce	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02
Cobalto, Co	mg/L	0.04	0.04	0.04
Cromo, Cr	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobre, Cu	mg/L	0.20	0.18	0.17
Hierro, Fe	mg/L	0.13	0.12	0.11
Mercurio, Hg	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio, K	mg/L	4.65	4.55	4.50
Litio, Li	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Magnesio, Mg	mg/L	0.36	0.34	0.32
Manganeso, Mn	mg/L	0.29	0.27	0.24
Molibdeno, Mo	mg/L	0.08	0.06	0.04
Sodio, Na	mg/L	66.01	67.25	68.34
Niquel, Ni	mg/L	0.01	0.01	0.01
Fósforo, P	mg/L	0.54	0.53	0.52
Plomo, Pb	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Azufre, S	mg/L	281.87	262.34	241.32
Antimonio, Sb	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio, Se	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Silicio, Si	mg/L	16.22	15.25	12.45
Estaño, Sn	mg/L	0.01	0.01	0.01
Estroncio, Sr	mg/L	0.30	0.20	0.10
Titanio, Ti	mg/L	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Taio, Tl	mg/L	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Uranio, U	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005
Vanadio, V	mg/L	0.56	0.32	0.28
Zinc, Zn	mg/L	0.02	0.015	0.01
Aceites y grasas	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	62.53	45.36	43.56
Cianuro	mg/L	23.24	23.22	23.21
Cromo VI	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005
pH en pasta	U pH	8.10	8.06	7.98

\*El ensayo de TCLP se realizó con una muestra inicial aproximada de 25 g en 500 mL de Solución extractora.

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio.
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

**FIN DE DOCUMENTO**



DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO  
QUÍMICO  
CQP. 1337