

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE LOS RELAVES  
MINEROS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN  
BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES, TRUJILLO  
2019.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera (o) Civil

Autores:

Paola Jazmín, Mercado Cortijo  
Kenyi Alexander, Reyna Marquina

Asesor:

M. Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo - Perú

2020



## DEDICATORIA

La presente investigación, está dedicada en primer lugar a Dios, por su infinita bondad y amor, por guiar mi camino, brindarme una vida llena de aprendizaje y perseverancia de seguir adelante y alcanzar mis metas trazadas y mostrarme un propósito por el cual vivir; a mis padres y hermanos, que son ejemplo de perseverancia, supieron guiarme en todas mis decisiones y por brindarme su apoyo incondicional en todo momento. Quienes creyeron que la educación es el mejor regalo y la mejor herencia que se le puede dar a un hijo, esto es para ustedes y gracias porque se sacrificaron y dieron todo para que hoy concluya una etapa más de mi formación. A docentes y asesores universitarios por sus consejos permanentes y exigencia continua para formarme como un profesional ético.

**Paola Jazmín Mercado Cortijo**

A Dios porque sin él nada de esto hubiera sido posible.

A mis abuelitos por todo su apoyo y enseñanzas para poder afrontar cualquier obstáculo que tuviera en la vida.

A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, su tenacidad y lucha interminable han hecho de ellos un gran ejemplo a seguir y sin ellos jamás hubiera podido conseguir lo que hasta ahora, gracias por todo su amor.

A mis hermanas, que de una u otra manera son la razón por la cual me encuentro en este punto de mi vida, a puertas del título profesional tan anhelado.

A mis profesores, a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias por prepararnos para un futuro competitivo no solo como mejores profesionales sino también como mejores personas.

A todos ustedes, ¡Gracias!

**Kenyi Alexander Reyna Marquina**

## **AGRADECIMIENTO**

### **A Dios**

Por darnos la fuerza y fortaleza durante nuestra vida y ayudarnos a seguir adelante cada día para poder realizar esta investigación.

### **A nuestros familiares**

Por su confianza no solo en esta investigación sino a lo largo de estos años de estudio constante que con esfuerzo hoy en día logramos culminar.

### **A nuestros maestros**

Agradecemos al M. Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina por su gran apoyo incondicional, por las oportunidades que nos dio, siempre guiarnos y aconsejándonos para mejorar en nuestra investigación que hoy presentamos; al Ing. Ricardo Avalos Alayo, por su tiempo y conocimiento compartido y por apoyar nuestra investigación; a Wesley Leonardo y el equipo de Laboratorio de Tecnología y Concreto por darnos facilidades con el laboratorio, por su amabilidad y apoyo al ejecutar nuestra tesis.

### **A nuestros amigos**

Por su gran amistad y compañerismo, quienes nos acompañaron en todo este camino de aprendizaje universitario y nos apoyaron para que esta investigación se desarrolle y sea un éxito.

### **A nuestro jurado**

Porque gracias a sus exigencias nosotros podemos culminar de manera satisfactoria nuestra tesis de investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	8
ÍNDICE DE FIGURAS .....	14
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	17
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	21
1.1. Realidad problemática .....	21
1.1.1. Problema de Investigación .....	21
1.1.2. Antecedentes .....	29
1.1.3. Bases Teóricas .....	34
1.2. Formulación del problema.....	71
1.3. Justificación .....	71
1.4. Objetivos.....	72
1.4.1. Objetivo general.....	72
1.4.2. Objetivos específicos .....	72
1.5. Hipótesis .....	73
1.5.1. Hipótesis general.....	73
1.5.2. Hipótesis específicas .....	74
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	77
2.1. Tipo de investigación .....	77
2.1.1. Operacionalización de variables .....	77
2.1.2. Diseño de investigación .....	77
2.2. Población y muestra .....	78
2.2.1. Unidad de estudio .....	78
2.2.2. Población .....	79
2.2.3. Muestra .....	79

2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	81
2.3.1.	Técnicas de recolección de datos.....	81
2.3.2.	Instrumento de recolección de datos.....	82
2.3.3.	Métodos para análisis de datos .....	83
2.3.4.	Instrumento para análisis de datos .....	83
2.4.	Procedimiento.....	85
2.4.1.	Procedimiento de recolección de datos.....	85
2.4.2.	Obtención y caracterización de materiales .....	86
2.4.3.	Elaboración de probetas cilíndricas de Concreto con proporciones de Relave Minero	108
2.4.4.	Determinación de Resistencia a Compresión de Probetas (NTP 339.034:2015) 117	
2.4.5.	Elaboración de Bloques de concreto Tipo Ensamblables.....	119
2.4.6.	Determinación de Resistencia a Compresión de bloques de concreto tipo Ensamblable (NTP 339.604:2002).....	128
2.4.7.	Determinación del porcentaje de absorción de bloques de concreto tipo ensamblable (NTP 399.604:2002).....	130
2.4.8.	Determinación de la densidad del bloque de concreto tipo ensamblable (NTP 399.604:2002) .....	132
2.4.9.	Procedimiento de análisis de datos .....	133
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....		135
3.1.	Caracterización de los agregados .....	135
3.1.1.	Contenido de Humedad de los agregados (NTP 339.185:2013) .....	135
3.1.2.	Análisis Granulométrico de los agregados (NTP 400.012:2013).....	136
3.1.3.	Peso Unitario de los agregados (NTP 400.017:2011).....	139
3.1.4.	Peso Específico y Absorción de los agregados (NTP 400.022:2013 / 400.021:2002) .....	141
3.2.	Caracterización del Relave Minero .....	143

3.2.1.	Contenido de Humedad del Relave Minero (NTP 339.185:2013) .....	143
3.2.2.	Análisis Granulométrico del Relave Minero (NTP 400.012:2013).....	144
3.2.3.	Peso Unitario de los agregados (NTP 400.017:2011).....	145
3.2.4.	Peso Específico y Absorción del Relave Minero (NTP 400.022:2013): .....	146
3.3.	Diseño de mezcla método ACI 211 .....	147
3.3.1.	Diseño de mezcla para concreto de $F'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ en probetas cilíndricas con proporciones de Relave Minero: .....	147
3.3.2.	Tratamientos estudiados y cantidad de probetas de concreto con Relave Minero: 150	
3.4.	Resistencia a la compresión de Probetas Cilíndricas .....	153
3.5.	Dosificación de Bloques de Concreto Tipo Ensamblable .....	162
3.6.	Resistencia a la compresión de los bloques de concreto ensamblables.....	164
3.7.	Porcentaje de absorción de bloques de concreto tipo ensamblable (NTP 399.604:2002).....	167
3.8.	Densidad de bloques de concreto tipo ensamblable (NTP 399.604:2002).....	169
3.9.	Prueba de hipótesis .....	169
3.9.1.	Análisis Estadístico Resistencia a compresión en Probetas cilíndricas ( $F'c$ )....	169
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....		174
4.1.	Discusión .....	174
4.1.1.	Análisis de la Caracterización de agregados.....	174
4.1.2.	Análisis Químico del Relave Minero.....	176
4.1.3.	Análisis del Diseño de mezcla del concreto .....	176
4.1.4.	Análisis del Asentamiento del concreto.....	176
4.1.5.	Análisis de la Resistencia a la compresión de bloques de concreto ensamblables 177	
4.1.6.	Análisis descriptivo del porcentaje de absorción de Bloques de concreto tipo ensamblable (%).....	181

4.1.7. Clasificación de Bloques de concreto tipo ensamblable según a su densidad (Kg/m <sup>3</sup> ).....	183
4.2. Conclusiones.....	184
RECOMENDACIONES .....	186
REFERENCIAS .....	187
ANEXOS .....	193

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción minera a nivel mundial.....	37
Tabla 2: Producción minera metálica según región .....	39
Tabla 3: Análisis Químico de Relave Minero .....	46
Tabla 4: Granulometría del Relave Minero.....	47
Tabla 5: Características de unidad de albañilería para fines estructurales .....	52
Tabla 6: Límites químicos para el agua de mezcla.....	56
Tabla 7: Requisitos para Absorción .....	57
Tabla 8: Requisitos de Resistencia a Compresión.....	58
Tabla 9: Resistencia requerida.....	61
Tabla 10: Asentamiento por el tipo de consistencia del concreto .....	61
Tabla 11: Asentamiento dependiendo el tipo de construcción .....	61
Tabla 12: Cantidad de agua y aire con respecto al asentamiento .....	62
Tabla 13: Relación agua/cemento por resistencia para $f'_{cr}$ .....	63
Tabla 14: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	63
Tabla 15: Hipótesis General .....	73
Tabla 16: Hipótesis Específica 01 .....	74
Tabla 17: Hipótesis Específica 02 .....	74
Tabla 18: Hipótesis Específica 03 .....	75
Tabla 19: Hipótesis Específica 04 .....	75
Tabla 20: Hipótesis Específica 05 .....	76
Tabla 21: Hipótesis Específica 06 .....	76
Tabla 22: Operacionalización de variable .....	77
Tabla 23: Características del bloque de concreto ensamblable .....	79
Tabla 24: Resultados de probetas patrón.....	80
Tabla 25: Valores de la Distribución Normal Estandarizada .....	81



Tabla 26: Cantidad mínima de agregado para el contenido de humedad .....	89
Tabla 27: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global .....	91
Tabla 28: Tamices empleados en la granulometría del agregado fino .....	92
Tabla 29: Tamices empleados en la granulometría del agregado grueso .....	92
Tabla 30: Capacidad de la medida.....	95
Tabla 31: Densidad del agua respecto a su temperatura.....	96
Tabla 32: Peso mínimo de la muestra de ensayo.....	98
Tabla 33: Requerimiento de granulometría para agregado fino .....	104
Tabla 34: Requerimiento de granulometría para agregado fino .....	108
Tabla 35: Asentamiento según el tipo de estructuras .....	109
Tabla 36: Resistencia a la compresión requerida .....	109
Tabla 37: Requerimientos de agua de mezclado y contenido de aire.....	110
Tabla 38: Relación Agua – Cemento.....	111
Tabla 39: Volumen de agregado grueso .....	111
Tabla 40: Control semanal de temperatura en curado de probetas.....	114
Tabla 41: Medidas modulares de los bloques de concreto .....	122
Tabla 42: Dimensiones del Bloque de Concreto Tipo Ensamblable.....	123
Tabla 43: Número de bloques de concreto tipo ensamblable para cada ensayo correspondiente.....	125
Tabla 44: Control semanal de temperatura en curado de bloques de concreto ensamblable del T0: 0%RM .....	127
Tabla 45: Control semanal de temperatura en curado de bloques de concreto ensamblable del T3: 50%RM .....	128
Tabla 46: Resultados de Contenido de Humedad del Agregado Fino.....	135
Tabla 47: Resultados de Contenido de Humedad del Agregado Grueso .....	136

Tabla 48: Resultados del Análisis granulométrico de Agregado Fino .....	137
Tabla 49: Resultados del Análisis granulométrico de Agregado Grueso .....	138
Tabla 50: Resultados del Peso Unitario Seco Suelto del Agregado Fino.....	140
Tabla 51: Resultados del Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Fino.....	140
Tabla 52: Resultados del Peso Unitario Seco Suelto del Agregado Grueso .....	141
Tabla 53: Resultados del Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Grueso .....	141
Tabla 54: Resultados del Peso Específico y Absorción de la muestra del Agregado Fino	142
Tabla 55: Resultados del Peso Específico y Absorción de la muestra del Agregado Grueso .....	143
Tabla 56: Resultados de Contenido de Humedad del Relave Minero.....	144
Tabla 57: Resultados del Análisis Granulométrico del Relave Minero .....	144
Tabla 58: Resultados del Peso Unitario Seco Suelto del Relave Minero .....	146
Tabla 59: Resultados del Peso Unitario Seco Compactado del Relave.....	146
Tabla 60: Resultados del Peso Específico y Absorción del Relave Minero.....	147
Tabla 61: Datos del concreto a diseñar.....	148
Tabla 62: Datos de agregado fino, agregado grueso y relave.....	148
Tabla 63: Datos del cemento .....	149
Tabla 64: Proporciones de mezcla en peso por volumen de concreto.....	149
Tabla 65: Dosificación de mezcla en peso por kilogramos de cemento.....	149
Tabla 66: Dosificación de mezcla con incorporación de 46% de Relave Minero.....	150
Tabla 67: Dosificación de mezcla con incorporación de 48% de Relave Minero.....	150
Tabla 68: Dosificación de mezcla con incorporación de 50% de Relave Minero.....	151
Tabla 69: Dosificación de mezcla con incorporación de 52% de Relave Minero.....	151
Tabla 70: Dosificación de mezcla con incorporación de 54% de Relave Minero.....	151
Tabla 71: Dosificación de mezcla con incorporación de 56% de Relave Minero.....	152

Tabla 72: Número de Probetas para Ensayo a Resistencia a Compresión .....	152
Tabla 73: Cantidad de mezcla por tanda con un porcentaje de desperdicio del 25%.....	152
Tabla 74: Cuadro de número de probetas para ensayo a compresión .....	153
Tabla 75: Cuadro de resistencia a compresión del T1: 46% RM .....	154
Tabla 76: Cuadro de resistencia a compresión del T2: 48% RM .....	155
Tabla 77: Cuadro de resistencia a compresión del T3: 50% RM .....	156
Tabla 78: Cuadro de resistencia a compresión del T4: 52% RM .....	157
Tabla 79: Cuadro de resistencia a compresión del T5: 54% RM .....	158
Tabla 80: Cuadro de resistencia a compresión del T6: 56% RM .....	159
Tabla 81: Resumen de ensayo de resistencia a la compresión de probetas ( $F'c$ ).....	160
Tabla 82: Resistencia a la compresión alcanzada C/T según al $F'c$ mínimo de diseño en probetas S/T.....	161
Tabla 83: Resultados de esfuerzos de compresión de cada porcentaje .....	163
Tabla 84: Dosificación de mezcla con incorporación de 50% de RM .....	163
Tabla 85: Mezcla con incorporación de 50% de RM incluido desperdicio de 15% .....	163
Tabla 86: Dosificación de mezcla patrón sin RM .....	164
Tabla 87: Mezcla con 0% de RM incluido desperdicio de 15% para un molde.....	164
Tabla 88: Cuadro de esfuerzo de compresión de BCE (patrón) del T0: 0% RM.....	164
Tabla 89: Cuadro de esfuerzo de compresión de BCE del T3: 50% RM.....	165
Tabla 90: Resumen de ensayo a Resistencia a compresión de BCE .....	165
Tabla 91: Resistencia final de los BCE .....	166
Tabla 92: Cuadro de peso seco ( $W_d$ ) de cada BCE.....	168
Tabla 93: Cuadro de peso saturado ( $W_s$ ) de cada BCE.....	168
Tabla 94: Promedio de porcentaje de Absorción de BCE patrón y BCE de T3.....	168
Tabla 95: Resultado de densidad de BCE de T0: 0% RM .....	169

Tabla 96: Resultado de densidad de BCE de T3: 50% RM .....	169
Tabla 97: Cuadro de datos de resistencia a compresión en probetas.....	170
Tabla 98: Resumen de varianza de un factor (compresión) .....	171
Tabla 99: Análisis de varianza (ANOVA - Compresión).....	171
Tabla 100: Comparación de media. Según Test de Tukey (Compresión).....	172
Tabla 101: Máxima, mínima y promedio de resistencia y a la compresión de BCE.....	178
Tabla 102: Condición de Resistencia a la compresión promedio de BCE (f'b) .....	178
Tabla 103: Precios por unidad de BCE .....	180
Tabla 104: Costo de un metro cuadrado de muro.....	181
Tabla 105: Condición de porcentaje de Absorción de BCE patrón y BCE de T3.....	182
Tabla 106: Clasificación de bloques de concreto según sus agregados .....	183
Tabla 107: Clasificación según a su Densidad de BCE T0:0%RM y BCE de T3:50%RM .....	183
Tabla 108: Selección de resistencia a la compresión requerida .....	205
Tabla 109: Selección de asentamiento según el tipo de estructuras .....	206
Tabla 110: Selección de requerimientos de agua de mezclado y contenido de aire.....	206
Tabla 111: Selección de relación Agua – Cemento.....	207
Tabla 112: Selección de volumen de agregado grueso.....	209
Tabla 113: Resumen parcial de los pesos secos y volúmenes de los materiales .....	210
Tabla 114: Resumen final de los pesos secos y volúmenes de los materiales .....	211
Tabla 115: Corrección por % de absorción – Peso Saturado Superficialmente Seco .....	212
Tabla 116: Corrección por % de humedad – Peso Húmedo.....	213
Tabla 117: Tiempo que demanda las actividades de elaboración de bloque de concreto ensamblable .....	216
Tabla 118: Costo de mano de obra .....	217

Tabla 119: Cantidad de materiales utilizados en los costos unitarios .....	217
Tabla 120: Datos utilizados para determinar cantidad de costos unitario de materiales...	218
Tabla 121: Características generales de las diferentes unidades de albañilería .....	221
Tabla 122: Dimensiones de bloque .....	223
Tabla 123: Comparación de resistencia a compresión en distintas unidades .....	227

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Producción minera metálica en el Perú.....	38
Figura 2: Producción minera metálica en el Perú (variación porcentual anual).....	38
Figura 3: Diseño de investigación .....	78
Figura 4: Instrumentos de recolección de datos .....	83
Figura 5: Procedimiento de recolección de datos.....	85
Figura 6: Presentación del Cemento Pacasmayo Extra Forte.....	86
Figura 7: Ubicación de la zona para la extracción de muestra .....	87
Figura 8: Relavera de extracción .....	88
Figura 9: Requisitos granulométricos del agregado grueso .....	106
Figura 10: Molde para el ensayo de asentamiento .....	116
Figura 11: Esquema de los patrones de tipos de fracturas.....	118
Figura 12: Dimensiones en planta del molde .....	119
Figura 13: Dimensiones en elevación del molde.....	120
Figura 14: Proceso de fabricación de molde .....	120
Figura 15: Molde final para BCE .....	121
Figura 16: Vista en planta del bloque de concreto ensamblable .....	122
Figura 17: Vista en elevación del bloque de concreto ensamblable.....	122
Figura 18: Bloque de concreto Ensamblable.....	123
Figura 19: Placas de acero de $\frac{3}{4}$ " .....	129
Figura 20: Curva Granulométrica del Agregado Fino.....	138
Figura 21: Curva Granulométrica del Agregado Grueso .....	139
Figura 22: Curva Granulométrica del Relave Minero .....	145
Figura 23: Gráfico del comportamiento de resistencia a compresión promedio en relación al % de incorporación de RM.....	160

Figura 24: Gráfico comparativo de resistencia a compresión promedio de probeta C/T en relación a resistencia de diseño S/T.....	162
Figura 25: Comportamiento de resistencia a compresión del T0: 0% RM y T3: 50% RM del BCE .....	166
Figura 26: Comportamiento de resistencia a compresión promedio del BCE T0: 0% RM y BCE T3: 50% RM .....	166
Figura 27: Asentamiento de las mezclas con diferente % de relave minero .....	177
Figura 28: Comportamiento de resistencia a compresión de los bloques de los bloques de concreto ensamblables.....	178
Figura 29: Comparación del comportamiento de resistencia a compresión del BCE T0: 0%RM y BCE T3: 50%RM.....	179
Figura 30: Comparación del comportamiento de la absorción del BCE T0: 0%RM y BCE T3: 50%RM.....	182
Figura 31: Costo de producción de un bloque de concreto ensamblable con 0% RM.....	219
Figura 32: Costo de producción de un bloque de concreto ensamblable con 50% RM....	220
Figura 33: Costo de la unidad de Bloque de Concreto Tipo Ensamblable.....	220
Figura 34: Costo de un metro cuadrado de muro de ladrillo de arcilla .....	221
Figura 35: Costo de un metro cuadrado de muro de bloques de concreto convencional ..	222
Figura 36: Costo de acero de amarre – refuerzo horizontal en muros.....	222
Figura 37: Costo de un metro cuadrado de muro de bloques de concreto ensamblable ...	223
Figura 38: Muro de bloques de concreto ensamblables .....	224
Figura 39: Costo de acero de amarre – refuerzo vertical en muros.....	224
Figura 40: Costo por metro cuadrado de muro.....	225
Figura 41: Obtención de Relave Minero y agregado fino y grueso. ....	257
Figura 42: Contenido de Humedad y Granulometría de agregados .....	258

Figura 43: Peso unitario seco suelto y compactado de agregados.....	258
Figura 44: Peso específico y absorción de agregados .....	259
Figura 45: Contenido de humedad y granulometría del relave minero .....	259
Figura 46: Peso unitario y absorción del relave minero .....	260
Figura 47: Diseño de mezcla y elaboración de probetas cilíndricas.....	261
Figura 48: Ensayo de Asentamiento del concreto en estado fresco, curado y temperatura de probetas.....	262
Figura 49: Ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas de T1:46%RM y T2:48%RM .....	263
Figura 50: Ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas de T3: 50%RM, T4: 52%RM, T5:54%RM y T6:56%RM .....	264
Figura 51: Diseño de mezcla y elaboración de bloques de concreto tipo ensamblables ...	265
Figura 52: Ensayo de Asentamiento, temperatura y curado de bloques de concreto ensamblable .....	266
Figura 53: Ensayo de resistencia a compresión de bloques de concreto tipo ensamblable patrón y T3: 50% RM.....	267
Figura 54: Ensayo de porcentaje de absorción y densidad de bloques de concreto tipo ensamblable patrón y de T3: 50%RM .....	268



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Contenido de Cemento .....	63
Ecuación 2: Peso del agregado grueso .....	64
Ecuación 3: Volumen del agregado grueso .....	64
Ecuación 4: Peso del agregado fino.....	64
Ecuación 5: Volumen del agregado fino .....	64
Ecuación 6: Corrección por % de absorción del A.F .....	64
Ecuación 7: Corrección por % de absorción del A.G.....	65
Ecuación 8: Corrección por humedad del A.F .....	65
Ecuación 9: Corrección por humedad del A.G.....	65
Ecuación 10: Aporte de agua A.F.....	65
Ecuación 11: Aporte de agua A.G .....	65
Ecuación 12: Desviación estándar .....	66
Ecuación 13: Media Aritmética.....	66
Ecuación 14: Varianza.....	67
Ecuación 15: Desviación estándar .....	67
Ecuación 16: Prueba de Normalidad de Shapiro – Wilk.....	68
Ecuación 17: T-Student .....	68
Ecuación 18: Prueba de Hipótesis ANOVA.....	69
Ecuación 19: Muestra .....	80
Ecuación 20: Contenido de Humedad .....	90
Ecuación 21: Módulo de Fineza .....	94
Ecuación 22: Peso Unitario .....	97
Ecuación 23: Peso Específico de Masa .....	100
Ecuación 24: Peso Específico de masa saturada con superficie seca .....	100
Ecuación 25: Peso Específico Aparente .....	101

Ecuación 26: Absorción.....	101
Ecuación 27: Densidad relativa (gravedad específica) (OD) del Agregado Fino .....	103
Ecuación 28: Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del Agregado Fino.....	103
Ecuación 29: Densidad reaviva aparente (gravedad específica aparente) del Agregado Fino .....	103
Ecuación 30: Absorción del Agregado Fino.....	104
Ecuación 31: Resistencia a compresión de probetas cilíndricas.....	118
Ecuación 32: Resistencia a compresión de bloques de concreto ensamblables .....	130
Ecuación 33: Absorción del bloque de concreto ensamblable .....	132
Ecuación 34: Densidad del bloque de concreto ensamblable.....	132
Ecuación 35: Calculo de rendimiento.....	217

## RESUMEN

La investigación, tuvo como objetivo determinar la influencia de los porcentajes de relave minero (RM) sobre la resistencia a compresión en bloques de concreto ensamblables (BCE), reduciendo de tal manera la contaminación ambiental.

Para la ejecución de la tesis se obtuvo el RM procedente de la Minera Quiruvilca, y agregados de la cantera San Martín S.A., a la cual se realizaron sus respectivos ensayos físicos.

Además, el diseño de investigación fue probabilístico; con respecto a la recolección de datos se utilizó como técnica la observación y como instrumento la guía de observación. Por otro lado, se empleó la inferencia estadística para analizar los datos obtenidos. Se planteó el uso de relave minero como una alternativa para la elaboración de bloques de concreto, reemplazando el 46%, 48%, 50%, 52%, 54% y 56% del agregado fino. Se realizaron los ensayos de caracterización para los agregados y para el relave minero. Los especímenes para el ensayo a compresión fueron cilíndricos de 4" de diámetro y 8" de altura. El diseño más óptimo se dio con el 50% de RM sustituyendo el agregado fino, con valores de una resistencia promedio a los 28 días de 151.41 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, dicho porcentaje se utilizó para la elaboración de los BCE y a su vez bloques patrones para realizar la comparación y ver su resistencia, dando resultados óptimos con el 50% de relave minero, siendo la resistencia promedio de 83.10 kg/cm<sup>2</sup>. En conclusión, la adición de relave minero influyó positivamente sobre la resistencia a la compresión del concreto.

**Palabras claves:** Relave minero, bloques de concreto ensamblables, resistencia a la compresión.

## ABSTRACT

The objective of the investigation was to determine the influence of the mining tailings (RM) percentages on the compressive strength in assembled concrete blocks (BCE), thereby reducing environmental contamination.

For the execution of the thesis, the RM were obtained from the Quiruvilca Mine, and aggregates from the San Martín S.A. quarry, to which their respective physical tests were carried out.

Furthermore, the research design was probabilistic; Regarding data collection, observation was used as a technique and the observation guide as an instrument. On the other hand, statistical inference was used to analyze the data obtained. The use of mining tailings was proposed as an alternative for the production of concrete blocks, replacing 46%, 48%, 50%, 52%, 54% and 56% of the fine aggregate. Characterization tests were carried out for the aggregates and for the mining tailings. The specimens for the compression test were cylindrical 4 "in diameter and 8" in height. The most optimal design was found with 50% of RM replacing the fine aggregate, with values of an average resistance at 28 days of 151.41 kg / cm<sup>2</sup>. Likewise, said percentage was used for the elaboration of the BCE and, in turn, pattern blocks to make the comparison and see their resistance, giving optimal results with 50% of mining tailings, the average resistance being 83.10 kg / cm<sup>2</sup>. In conclusion, the addition of mining tailings positively influenced the compressive strength of the concrete.

**Key words:** Mining tailings, assembled concrete blocks, compressive strength.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

#### 1.1.1. Problema de Investigación

Hoy en día la tecnología del concreto en el mundo es importante, como sabemos el concreto es el principal material en una construcción y tener conocimiento de él es fundamental para un ingeniero civil. Tanto sus propiedades, dosificación y control, que nos permiten realizar un correcto diseño de mezcla, el cual se verá reflejado al momento de comprobar su comportamiento tanto en estado fresco o endurecido, asimismo, en el aspecto resistente como de durabilidad. (Construcción y Tecnología en Concreto, 2016, p. 24-25).

En Colombia, se presentó los resultados realizados en las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de Cáñamo a los 7 días, 14 días y 28 días de curado para comprobar cual posee mayor resistencia y durabilidad, los resultados que fueron dados por el ensayo son a los 7 días el concreto con fibra de cáñamo frente al concreto normal es mayor, del 78.58% de la resistencia esperada frente a un 76.36% respectivamente. Asimismo, para los 14 días el porcentaje de igual manera fue mayor el concreto adicionado con fibra de cáñamo en un 93.34% de la resistencia esperada frente a un 91.63% del concreto convencional. Por último, a los 28 días la resistencia disminuyó gradualmente, siendo la resistencia del concreto normal de 4013.44 psi y del concreto con fibra de 4019.87 psi. (Terroros L. & Carvajal I., 2016).

En México, elaboraron un concreto adicionado con Nanotubos de Carbono para mejorar las propiedades físicas como lo es su resistencia a la compresión y observar los efectos que tenga. Por lo cual se realizaron 9 muestras de las cuales, 3 fueron

muestras patrones y 3 más con un 0.5% de nanotubos con respecto al volumen de cemento y otras 3 con 0.3%. En donde los resultados obtenidos mostraron que con respecto a la cantidad de NTC que se agregó a la mezcla de concreto, presentaron un aumento en la resistencia a la compresión para el 0.3% de NTC de acuerdo a la masa de cemento, con un resultado de 23,3 Mpa en promedio y los de referencia o patrones dieron un resultado de 21 Mpa, y para las muestras con 0.5% de NTC el aumento fue similar a la obtenida con 0.3%, dando como resultado 23,0 Mpa. Teniendo la mejoría en la resistencia a la compresión, con los valores positivos obtenidos para la implementación de nanotubos de carbono en concretos súper resistentes. (Navarro E. & Forero R., 2017).

En Ecuador, se evaluó el comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar en el cual se elaboraron para la determinación de las propiedades mecánicas especímenes para cada porcentaje de fibra (1.50, 2.50, 5.00 y 8.00) con relación al volumen de la mezcla a fabricar, para posteriormente ensayar en el laboratorio y obtener los valores de las resistencias tanto a compresión simple, como a tracción por flexión. De las cuales se evaluarán que características y particularidades tienen los diferentes tipos de concreto con su porcentaje de fibra. En donde la metodología para determinar las propiedades mecánicas será realizar probetas de acuerdo con la dosificación determinada en el diseño de mezcla adicionando las fibras de bagazo. Para determinar la resistencia a la tracción se rigieron a la normal ASTM C 78 (Método de Ensayo Estándar para Resistencia a Tracción por Flexión del Hormigón), y ensayadas según la norma ASTM C 192 – 90 a (Practica Estándar para Hacer y Curar Especímenes de Ensayo para Laboratorio). (Espinoza, 2015).

En Perú, presentaron la sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en donde se determinará un uso óptimo al caucho reciclado y utilizarlas en aplicaciones ingenieriles. De la cual se realizará una mezcla convencional de concreto, de una resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup> según el método ACI-211, además de tres mezclas con la misma resistencia, en la cual se reemplazará parcialmente el 5, 15 y 25% de los áridos del agregado grueso y fino por la fibra de caucho, utilizando tamaños de partículas de caucho entre 1-4 mm y 10-20 mm. Luego se realizará los ensayos para determinar las propiedades mecánicas y otras propiedades pertinentes en base a la Norma Técnica Peruana (NTP) y ASTM, realizando testigos de concreto en forma de cilindro. Entre los ensayos que se realizaran son: de consistencia, densidad, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta, módulo de elasticidad, comportamiento al fuego y microestructura. Tanto en estado fresco como endurecido del concreto. (Guzmán & Guzmán, 2015).

En Trujillo, presentaron la influencia de la sustitución del agregado fino por relave minero en la resistencia a compresión y permeabilidad de un concreto de bajo tránsito. De la cual se estudiarán en tres porcentajes de 5%, 10% y 15% con respecto a la arena de la cual se analizará la resistencia a la compresión según la NTP 339.034 y penetración de agua bajo presión, según la Norma Europea UNE-EN 12390-8 para medir la permeabilidad del concreto. Del mismo modo, los diferentes materiales utilizados en la investigación fueron analizados para conocer sus propiedades físicas y mecánicas, de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas, con respecto al diseño de mezcla se procedió de acuerdo a la norma ACI 211.

Asimismo, fue posible lograr la disminución del uso del relave minero en el concreto, logrando reducir los costos de elaboración y disminuyendo el impacto en el medio

ambiente. Logrando así una propuesta o alternativa que permite reciclar o reutilizar el relave minero sin afectar al medio ambiente. (Rodríguez & Ulloa, 2018).

Las normativas y/o entidades encargadas de controlar la calidad las probetas y bloques de concreto en nuestro país son básicamente dos:

- NTP 339.034:2015, “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.”

El cual se utilizará para la realización de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas con porcentajes de relave minero de 46%, 48%, 50%, 52%, 54% y 56%, para hallar el porcentaje óptimo del cual se utilizará en la elaboración de bloques de concreto ensamblables.

- NTP 399.602:2017, “Unidades de Albañilería. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos. 2da Edición.”

El cual se utilizará para la realización de los bloques de concreto, de la cual se guiará los requisitos mínimos y máximos necesarios para su elaboración.

Observando los estudios realizados, comienza el punto de partida para realizar el proyecto de investigación acerca de la influencia de los relaves mineros en la resistencia a la compresión en bloques de concreto, esperando así resultados positivos y que concuerden con los objetivos e hipótesis planteadas. Asimismo, tener más conocimiento acerca de un nuevo implemento para la elaboración de un concreto y que resista y cumpla satisfactoriamente con los parámetros esperados para poder ser utilizado en diversas zonas de una construcción.

En el Perú existen diversas empresas que se dedican a fortalecer el concreto buscando alternativas novedosas que generen una mayor resistencia y composición de esta, y del



mismo modo la elaboración de bloques de concreto para la sustitución de construcciones convencionales (albañilería), por ejemplo, las empresas UNICON y CONCRETOS SUPERMIX que elaboran bloques de concreto convencionales.

UNICON es una empresa líder en el mercado peruano que cuenta con el soporte del CITEDEC, centro especializado en investigación aplicada sobre cemento, tecnología del concreto y productos afines. Conformado por un grupo de profesionales capacitados, laboratorios especializados en concreto, insumos, petrografía y metrología, donde se realizan estudios sobre las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales y estudios de verificación de la calidad del concreto de acuerdo a normas nacionales e internacionales. Entre sus obras que han realizado se destacan:

- Angamos Open Plaza (Surquillo)
- Hipermercado Tottus (San Isidro y San Juan de Miraflores).
- Museo de la Memoria (San Isidro).
- Parque Cultural (Lima).
- Interbank (La Victoria), Wiese (San Isidro).
- Centro de Cómputo del BCP (Chorrillos).
- Ampliación Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Callao).
- Ampliación Planta Shougang Hierro Perú (Marcona).

CONCRETOS SUPERMIX es una empresa que cuenta con el soporte de investigación y desarrollo especializado en cemento, concreto, agregados y otros productos afines. Conformado por un grupo de técnicos y profesionales capacitados, laboratorios con equipamiento especializado de última generación, tales como: Laboratorio de Caracterización de Materiales, Reología, Petrografía, Auscultación de Estructuras, en

los cuales se evalúan las características técnicas, propiedades físico-mecánicas y de durabilidad de los materiales e insumos, además de verificar la calidad del concreto y garantizar el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales. Entre sus obras que han realizado se destacan:

- Plaza de Tratamiento La Escalerilla (Arequipa)
- Colegio Gran Unidad Mariano Melgar (Arequipa)
- Hospital de Solidaridad (Tacna)
- Puente Billinghursts (Puerto Maldonado)
- Centro Comercial Real Plaza (Cusco)
- Edificio Caja Municipal (Cusco)

Durante muchos años se viene trabajando con dosificaciones de concreto, para diferentes factores de resistencia, empleando materiales tales como agregados, cemento, agua y aditivos si fuera el caso. Todos ellos destinados a la industria de la construcción, generando grandes costos, ya que forman parte elemental en materialización de infraestructuras, según su tipo y composición. Por ello, en los últimos tiempos se ha venido planteando formas de elaborar concreto, ya sea adicionando diferentes productos que en su mayoría proceden del reciclaje.

Asimismo, otro factor que involucra son los problemas que pueden llegar a tener las infraestructuras por la mala elaboración de bloque de concreto, éstos pueden provocar grietas debido a deterioros causado por condiciones marinas y exposición químicas, daños como consecuencia de erosión, húmedas, desgaste. Deficiencias estructurales provocadas por el mal cálculo de las cargas, corrosión de los elementos, errores de diseño.

Del mismo modo, la eflorescencia que es la aparición de manchas blancas en las paredes de las edificaciones causados principalmente por compuestos solubles tales como sulfatos, carbonatos, silicatos y otros que radican de la humedad. También con la deficiente ejecución de algunos rubros de la mano de obra, la cual no es calificada, como cambios abruptos en la sección, previsiones inadecuadas para deflexiones, incompatibilidad de materiales. Como errores de construcción: añadir agua al concreto, mal vibrado, curado deficiente, mal colocado del refuerzo, asentamiento del concreto. Por otro lado, la plasticidad genera una deformación que mayormente son ocasionados por el tiempo, proporciones de la mezcla, curado y edad del concreto.

Igualmente, posee bajas propiedades mecánicas como la resistencia, que puede ser debido a la dosificación del cemento, cantidad de agua, la unión del cemento y agregados, empleo de agregados sucios o agua que contiene impurezas como arcilla o tierra vegetal, un curado defectuoso. Puede llegar al punto de desintegrarse, generándose pequeños fragmentos en el hormigón endurecido; similar a la erosión, que provoca una desintegración progresiva, por acción abrasiva de los gases, fluidos o sólidos en movimiento. Asimismo, otra causa es la retracción plástica, que vendría a ser la pérdida de humedad, provocada por la temperatura, humedad del ambiente o velocidad del viento, cambios diferenciales de volumen entre las capas de concreto.

En la actualidad, existe la tendencia de la utilización de nuevos materiales que están en desuso, con la finalidad de incrementar diversos materiales para la construcción de viviendas. De ahí nace la idea de implementar al relave minero, materia en desuso y/o residuos de la operación minera, que se encuentra generalmente en grandes cantidades de depósitos, ocasionando problemas ambientales, como también provocando enfermedades y problemas de salud de los seres vivos. Es así que en la presente

investigación se va a adicionar porcentajes de relaves mineros en función al agregado fino para mejorar la resistencia a la compresión de bloques de concreto, porque se busca ver si el relave minero afecta positivamente en la resistencia a la compresión de los bloques de concreto.

Por eso, el uso de los relaves minero reduciría la contaminación ambiental e incrementaría el tiempo de servicio de los depósitos de relave, generando así materiales de construcción de buena resistencia, los cuales se puede usar como relleno volumétrico o como adicionado puzolánico. Para garantizar su resistencia se elaborarán ensayos de los materiales involucrados (agregados, cemento, relaves), ensayos de concreto fresco y ensayos al concreto endurecido. Siendo el principal ensayo de resistencia a la compresión.

Dicho relave minero se obtendrá de la Minera Quiruvilca, ubicada en el Distrito de Quiruvilca, Provincia de Santiago de Chuco, La Libertad, la cual se escogió porque es uno de los agentes contaminantes y que está involucrada directamente con la cuenca del Rio Moche, la cual abastece de agua al proyecto Chavimochic y del cual nos abastece a la población de Trujillo y otros distritos; además el lugar en donde se encuentra el relave es inestable y pasado el tiempo se incrementa más las probabilidades que surja algún deslizamiento por causa de un sismo o de lluvias, y pueda llegar a contaminar más la cuenca, para asegurar que esto no suceda, dicha Relavera está protegida por una geomembrana. Asimismo, otro factor por el cual escogimos esta minera fue la accesibilidad del transporte del relave minero.

El relave de la minera Quiruvilca, está compuesto por proporciones de minerales tales como: oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro, arsénico y antimonio, siendo los principales de plata (107.74%) y hierro (27.83%).

Esta investigación nos servirá para tener alternativas de manejo de residuos mineros, y aprovechar elaborando bloques de concreto, haciendo los análisis que anteriormente se han mencionado. Por otro lado, se podría generar nuevas alternativas de negocios ambientalmente responsables, con este residuo y del mismo modo disminuir los impactos ambientales. Si no se realiza la investigación puede traer como consecuencias, las continuas patologías que son causadas en los bloques de concreto, además con respecto al relave minero, se ocasionaría la saturación de estos en los depósitos de relaves y como consecuencia la contaminación ambiental y lo mencionado líneas arriba.

### 1.1.2. Antecedentes

- ✓ Título: “DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  $F'c=175 \text{ KG/CM}^2$  ADICIONANDO RELAVE MINERO PARA TRÁNSITO LIGERO RELAVERA PACOCOCHA-PVIRREYNA-CASTROVIRREYNA-HUANCAVELICA”,

Quichca (2016), tuvo como objetivo diseñar la dosificación de mezcla, para el concreto  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$  añadiendo relave minero. Se realizó el diseño de mezcla adicionando el relave minero para elementos estructurales de bajo tránsito, optimizando el uso de agregado fino (arena gruesa) en un porcentaje de 50% del cual se evaluó la resistencia a compresión a 7, 14 y 28 días.

Al realizar los ensayos se constató la optimización del agregado fino (arena gruesa), en un porcentaje de 50% de acuerdo al módulo de fineza que contiene. Teniendo una buena conducta a la aplicación de la fuerza de compresión, manteniendo el intervalo de 10% por encima y 10% debajo de la resistencia promedio que se debe diseñar la mezcla de concreto. De tal modo que con la adición del relave minero para un diseño de mezcla de concreto de  $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$  para tránsito ligero (método ACI), se

logró incorporar a la dosificación como relleno volumétrico a través de los resultados de sus características físicas, realizando los respectivos ensayos como Granulometría, Contenido de Humedad, Peso Específico y Absorción.

Asimismo, el resultado de resistencia a compresión del diseño de mezcla estándar obtenido, adquirió una resistencia a compresión a los 28 días de  $187 \text{ kg/cm}^2$  que equivale al 107%, mientras adicionando relave minero en el diseño de mezcla, adquirió una resistencia a compresión a los 28 días de  $177 \text{ kg/cm}^2$  que equivale al 101%.

Este estudio aporta para la realización de esta investigación ya que menciona la dosificación para el diseño de mezcla de concreto, en este caso, adicionando relave minero como sustituto del agregado fino (arena gruesa); y que resulta factible para el aumento de resistencia de compresión del concreto.

- ✓ Título: “DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  $f'c=175 \text{ KG/CM}^2$  ADICIONANDO RELAVE MINERO DE LA RELAVERA N°09 ACCHILLACCOCHACCASA, PARA TRANSITO LIGERO (METODO ACI), EN EL DISTRITO DE LIRCAY PROVINCIA DE ANGARAES - HUANCAMELICA“, Curo & Rashuamán (2015), tuvo como objetivo principal la influencia del relave minero en el diseño de mezcla de concreto  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ , adicionando el uso del relave minero como adicionado puzolánico, que consistió en preparar mezclas de concreto con diferentes porcentajes de reemplazo de cemento por relave (se propusieron reemplazos de acuerdo al resultado de diseño de mezcla: 16.08% y porcentajes de: 15% y 20%). Donde se evaluó la resistencia a compresión a 7, 14, 21 y 28 días.

Al realizar los ensayos se constató la optimización del agregado fino (arena gruesa), en un porcentaje de 16.08% de acuerdo al módulo de fineza que contiene. Teniendo una buena conducta a la aplicación de la fuerza de compresión, manteniendo el intervalo de 10% por encima y 10% debajo de la resistencia promedio que se debe diseñar la mezcla de concreto. De tal modo que con la adición del relave minero para un diseño de mezcla de concreto de  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  para tránsito ligero (método ACI), se logró incorporar a la dosificación como relleno volumétrico a través de los resultados de sus características físicas, realizando los respectivos ensayos como Granulometría, Contenido de Humedad, Peso Específico y Absorción.

Asimismo, el resultado de resistencia a compresión del diseño de mezcla patrón obtenido, adquirió una resistencia a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de  $179.69 \text{ kg/cm}^2$ , mientras adicionando relave minero en el diseño de mezcla, adquirió una resistencia a compresión de  $173.95 \text{ kg/cm}^2$ .

Este estudio aporta a la investigación mostrando un diseño de mezcla óptimo con la adición del relave minero como sustitución del agregado fino, lo cual resulta beneficiario para la realización de estructuras de concreto y factible en los resultados de la resistencia a la compresión.

- ✓ Título: “REAPROVECHAMIENTO DE RESIDUOS INDUSTRIALES DE LA MINERA-METALÚRGICA Y POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES PARA PISO RIMAC-2017”, Soto (2016), tuvo como objetivo la utilización de residuos industriales de la minería metalúrgica y el poliestireno expandido en la elaboración de adoquines para piso, realizó el reúso de los residuos industriales de la minera metalúrgica y poliestireno expandido que se encuentran expuestos al ambiente, las cuales son amenazas para el medio. Donde

analizó las características física-químicos del relave donde se obtuvo concentraciones de metales como: plomo, cadmio, mercurio, arsénico, etc., Al igual que el pH y a su vez el análisis del porcentaje de humedad del cual se obtuvo como resultado de 3.8%.

Del mismo modo, realizó adoquines de concreto con varias muestras con proporciones diferentes de relave y cemento a los 28 días, las cuales 2 muestras fueron resistentes a los demás. Dando como resultado de la resistencia a la compresión de  $376 \text{ kg/cm}^2$  y  $340 \text{ kg/cm}^2$  los cuales dan resultados factibles.

Con este aporte de la investigación, sirve como base para saber que el reúso de los residuos industriales (relave minero) son factibles para la realización de adoquines de concreto lo cuales aumenta su resistencia a la compresión.

- ✓ Título: “RESISTENCIA DEL CONCRETO  $F'c=210 \text{ KG/CM}^2$  CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO EN 4% Y 8% POR RELAVE DE LA MINA POTOSI”, Melgarejo (2018), tuvo como objetivo principal la resistencia de un concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con un sustituto en un 4% y 8% del cemento por relave, asimismo, determinó la resistencia a la compresión del concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  como sustituto del 4% y 8% del cemento por relave minero con el fin de ser utilizado como concreto simple en la ejecución de obras y la reducción del factor contaminante. Teniendo como resultado de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, de  $201.97 \text{ kg/cm}^2$  de la probeta patrón y teniendo como resultado de  $209.83 \text{ kg/cm}^2$  de la probeta adicionado el relave minero.

Al realizar los ensayos se constató que los resultados fueron favorables, ya que la trabajabilidad se mantuvo en un rango requerido, dando como porcentaje óptimo de sustitución de hasta 4%, ya que los resultados no se alejaron con respecto al patrón.



Del estudio anterior podemos rescatar que, si utilizamos porcentajes más pequeños como reemplazo del cemento, su influencia es más significativa en la resistencia a la compresión del concreto.

- ✓ Título: “RESISTENCIA DE UN CONCRETO  $f'c=210$  KG/CM<sup>2</sup> CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 5%, 10% Y 15% POR RELAVE DE LA MINA ANTAMINA”, Calhua (2018), tuvo como objetivo la determinación de la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo 5%, 10% y 15% de cemento con relave minero, se determinó la factibilidad de utilizar el relave minero en la sustitución del cemento, y realizando estudios como el peso específico, pH y fluorescencia de rayos X (FRX), comprobando si es favorable la utilización del relave para la elaboración del concreto.

Se analizaron las resistencias a la compresión tanto para concreto patrón a los 7, 14 y 28 días, los cuales dieron como resultados de  $f'c=162.21$  kg/cm<sup>2</sup>, 190.32 kg/cm<sup>2</sup> y 210.79 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, del concreto experimental con cemento sustituido al 5% por relave minero fue  $f'c=164.86$  kg/cm<sup>2</sup>, 192.30 kg/cm<sup>2</sup> y 230.52 kg/cm<sup>2</sup>, del concreto experimental con cemento sustituido al 10% por relave minero fue  $f'c=166.59$  kg/cm<sup>2</sup>, 194.36 kg/cm<sup>2</sup> y 234.48 kg/cm<sup>2</sup> y del concreto experimental con cemento sustituido al 15% por relave minero fue  $f'c=166.25$  kg/cm<sup>2</sup>, 193.30 kg/cm<sup>2</sup> y 232.30 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente. Temiendo como resultados que efectivamente la sustitución del cemento por relave minero proporciona resistencias superiores.

El aporte es significativo, encontramos que el uso del relave minero influye de manera significativa en la resistencia a la compresión del concreto como un porcentaje del agregado fino.

✓ Título: “UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO TIPO ENSAMBLABLE”, Rojas & Ventura (2017), tuvo como objetivo la determinación de la incidencia del uso del relave minero en bloques de concreto tipo ensamblable, se determinó la factibilidad de utilizar el relave minero en la sustitución del agregado fino en porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100%, con una dosificación de mezcla de concreto para un  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$  y del cual utilizaron el porcentaje óptimo para la elaboración de los bloques tipo ensamblables.

Se analizaron las resistencias a la compresión a los 28 días, los cuales dieron como resultados promedio de  $f'c=65.80 \text{ kg/cm}^2$ ,  $144.26 \text{ kg/cm}^2$ ,  $113.96 \text{ kg/cm}^2$  y  $68.74 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, dando como valor óptimo del porcentaje de 50% de relave minero en sustitución al agregado fino.

Luego se procedió a obtener los resultados de la resistencia a la compresión de los bloques de concreto tipo ensamblables patrón y con adición del relave minero (50%), dando como resultado,  $f'b= 69.55 \text{ kg/cm}^2$  y  $79.43 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Teniendo como resultados que efectivamente la sustitución del agregado fino por relave minero proporciona resistencias superiores.

El aporte es significativo, encontramos que el uso del relave minero influye de manera significativa en la resistencia a la compresión del concreto como un porcentaje del peso total del agregado fino.

### **1.1.3. Bases Teóricas**

#### **1.1.3.1. La actividad minera en el Perú**

El sector minero ha sido y es de gran importancia para la economía peruana. La tradición minera del país ha estado presente desde la época preincaica, posicionándose hasta nuestros días como una de las principales actividades ligadas al desarrollo del

Perú. Así, a lo largo de los años, la minería ha contribuido con aproximadamente la mitad de los ingresos del país, producto de sus exportaciones.

La minera Quiruvilca es un proyecto de mediana minería subterránea polimetálica, cuyo inicio de explotación data desde la época del incanato y según su historia reciente, la mina fue explotada durante 17 años por la empresa minera canadiense Pan American Silver Corporation, desde 1995 hasta el 2012, año en que fue vendida en su totalidad a Southern Peaks Mining L.P. Esta última tuvo a su cargo la mina, hasta el 26 de julio de 2015, fecha en que la mina fue vendida al ciudadano boliviano Luis Sánchez, quien finalmente le declaró en quiebra, cargando consigo una deuda impaga de 10 millones de dólares a 428 trabajadores y abandonando sus operaciones sin ejecutar el plan de cierre de minas. (Chiguala, 2016, p. 30).

La situación de la minera es crítica. Su impacto negativo al territorio (naturaleza y sociedad) ha configurado un escenario de emergencia, teniendo como elemento esencial y estructurador de la cuenca del río Moche, al agua. Dicha mina se localiza en la cabecera de cuenca del río Moche, a unos escasos kilómetros de la línea que divide las aguas de las cuencas hidrográficas Virú, Santa y Moche a 3900 metros sobre el nivel del mar. Las relaveras de la mina drenan directamente hacia las quebradas La Merced, Santa Catalina y al curso mismo del río Shorey, afluentes de primer y segundo orden del río Moche.

Existe una probabilidad de posible colapso y/o desborde que afectaría seriamente al río Shorey, afluente del río Moche, e impactaría severamente en los centros poblados Shorey (Grande), Shorey Chico, entre otros. Encontrándose en Estado de Emergencia debido al peligro inminente generado por el posible desborde y/o potencial ruptura de las Relavera de la Minera Quiruvilca. (Actividad Minera en la Cuenca del Río Moche, 1997, cap. 5)

El nivel de impacto negativo al recurso hídrico ha sido tal que la Autoridad Nacional del Agua (ANA), declaró por sesenta días el Estado de Emergencia de recursos hídrico por inminente riesgo de afectación de la calidad del agua del río Moche. Es por ello que se realizaron siete monitoreos participativos de calidad del agua del río Moche, durante el periodo 2017 al 2018, en los puntos de muestreo ubicados en el ámbito de influencia de la Minera Quiruvilca, cuyos resultados indican concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo, zinc que supera los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA para agua). El estado de abandono de las operaciones y el deterioro de los diques de las relaveras, han generado un alto riesgo de afectación al río Moche por desborde y/o ruptura de los diques. (Actividad Minera en la Cuenca del Río Moche, 1997, cap. 5). Según el Ministerio de Energía y Minas, durante el 2018, la producción mundial de cobre, oro, plata, zinc, hierro y molibdeno registraron un crecimiento de 5%, 0.9%, 0.7%, 4%, 2.9% y 1%, respectivamente. Sin embargo, la producción de estaño y plomo se vio reducida en el mismo año.

En el ranking mundial, el Perú se mantuvo como el segundo mayor productor de cobre, plata y zinc; asimismo, se posicionó en el tercer lugar como productor de estaño, cuarto lugar como productor de molibdeno y sexto lugar como productor de oro. Cabe destacar, que el país ascendió tres posiciones en el 2018 logrando ubicarse como el tercer mayor productor de plomo a nivel global.

El Perú es uno de los países con mayor variedad de minerales del mundo. Actualmente, cuenta con algunas de las minas de metales preciosos y metales básicos más grandes a nivel mundial. Muchas de las compañías mineras más importantes alrededor del mundo, como Anglo American, Xstrata, Newmont, Glencore, Gold Fields, Freeport

McMoRan, Grupo México, Hudbay, Rio Tinto, Chinalco, Barrick y MMG, cuentan con operaciones en el país, según Industria Minera, Guía de Negocios del Perú.

#### A. Producción minera:

**Tabla 1**

*Producción minera a nivel mundial*

<b>Producto</b>	<b>Latinoamérica</b>	<b>Mundo</b>
<b>Oro</b>	1	6
<b>Cobre</b>	2	2
<b>Plata</b>	2	2
<b>Zinc</b>	1	2
<b>Plomo</b>	1	3
<b>Estaño</b>	1	4
<b>Molibdeno</b>	2	4
<b>Cadmio</b>	2	8
<b>Roca Fosfórica</b>	2	11
<b>Diatomita</b>	1	5
<b>Indio</b>	1	7
<b>Andalucía / Kyanita y minerales relacionados</b>	1	4
<b>Selenio</b>	1	10

**Fuente:** Anuario Minero 2018, Ministerio de Energía y Minas

#### ✓ **Producción minera, por principales productos**

Ministerio de Energía y Minas explica que en el Perú se produce cobre, oro, plata, plomo, zinc, estaño, molibdeno, hierro, cadmio, selenio, indio y otros metales, la cual el país se ubica como segundo mayor productor de cobre, plata y zinc, de igual manera, se posicionó en el tercer lugar como productor de estaño, cuarto lugar como productor de molibdeno y sexto lugar como productor de oro.

A continuación, se muestra la producción de los principales minerales en el Perú en la Figura 1:

**Figura 1**

*Producción minera metálica en el Perú*

PRODUCTO		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018 <sup>U</sup>
COBRE	MILLONES DE TMF	1.28	1.25	1.24	1.30	1.38	1.38	1.70	2.35	2.45	2.44
ORO	TMF	183.99	164.08	166.19	161.54	151.49	140.10	146.82	153.01	151.96	142.64
ZINC	MILLONES DE TMF	1.51	1.47	1.26	1.28	1.35	1.32	1.42	1.34	1.47	1.47
PLATA	TMF	3,923	3,640	3,419	3,481	3,674	3,768	4,102	4,375	4,418	4,163
PLOMO	TMF	302,459	261,990	230,199	249,236	266,472	277,294	315,525	314,422	306,784	289,195
HIERRO	MILLONES DE TMF	4.42	6.04	7.01	6.68	6.68	7.19	7.32	7.66	8.81	9.53
ESTAÑO	TMF	37,503	33,848	28,882	26,105	23,668	23,105	19,511	18,789	17,790	18,601
MOLIBDENO	TMF	12,297	16,963	19,141	16,790	18,140	17,018	20,153	25,757	28,141	28,034

**Fuente:** Anuario Minero 2018, Ministerio de Energía y Minas

**Figura 2**

*Producción minera metálica en el Perú (variación porcentual anual)*

PRODUCTO		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018 <sup>U</sup>
COBRE		0.7%	-2.3%	-0.9%	5.1%	5.9%	0.1%	23.5%	38.4%	3.9%	-0.4%
ORO		2.3%	-10.8%	1.3%	-2.8%	-6.2%	-7.5%	4.8%	4.2%	-0.7%	-6.1%
ZINC		-5.6%	-2.8%	-14.6%	2.0%	5.5%	-2.6%	8.0%	-5.9%	10.2%	0.1%
PLATA		6.4%	-7.2%	-6.1%	1.8%	5.6%	2.6%	8.8%	6.7%	1.0%	-5.8%
PLOMO		-12.4%	-13.4%	-12.1%	8.3%	6.9%	4.1%	13.8%	-0.3%	-2.4%	-5.7%
HIERRO		-14.4%	36.7%	16.0%	-4.7%	-0.1%	7.7%	1.8%	4.7%	14.9%	8.3%
ESTAÑO		-3.9%	-9.7%	-14.7%	-9.6%	-9.3%	-2.4%	-15.6%	-3.7%	-5.3%	4.6%
MOLIBDENO		-23.1%	37.9%	12.8%	-12.3%	8.0%	-6.2%	18.4%	27.8%	9.3%	-0.4%

**Fuente:** Anuario Minero 2018, Ministerio de Energía y Minas

✓ **Producción por regiones en el Perú**

Ministerio de Energía y Minas da a conocer que todas las regiones del Perú producen la mayoría de minerales con excepción del estaño y el hierro. El estaño es producido en Puno, mientras que el hierro, en Ica.

La producción minero metálica por regiones, hasta el mes de noviembre del año 2019, se puede observar en la siguiente Tabla 2:

**Tabla 2**
*Producción minera metálica según región*

Producto / región	Noviembre			Enero - Noviembre			Part. %
	2018	2019	Var. %	2018	2019	Var. %	
<b>COBRE / TMF</b>	<b>214,253</b>	<b>211,356</b>	<b>-1.4%</b>	<b>2,206,647</b>	<b>2,230,053</b>	<b>1.1%</b>	<b>100%</b>
AREQUIPA	38,317	40,251	5.0%	453,402	432,438	-4.5%	19.4%
ÁNCASH	37,315	43,977	17.9%	418,585	425,438	1.6%	19.1%
APURÍMAC	42,478	34,579	-18.6%	346,144	348,596	0.7%	15.6%
CUSCO	26,891	22,470	-16.4%	299,533	285,450	-4.7%	12.8%
TACNA	16,081	21,494	33.7%	150,202	232,887	55.0%	10.4%
JUNÍN	22,496	18,627	-17.2%	205,794	180,447	-12.3%	8.1%
MOQUEGUA	14,256	13,562	-4.9%	147,333	143,880	-2.3%	6.5%
ICA	4,300	5,044	17.3%	55,222	52,238	-5.4%	2.3%
PASCO	4,570	4,563	-0.1%	52,783	50,711	-3.9%	2.3%
LIMA	2,896	2,929	1.1%	30,332	33,516	10.5%	1.5%
CAJAMARCA	2,989	2,367	-20.8%	30,134	29,647	-1.6%	1.3%
HUANCAVELICA	1,189	1,040	-12.5%	11,823	8,837	-25.3%	0.4%
PUNO	306	254	-17.0%	3,263	3,117	-4.5%	0.1%
HUÁNUCO	169	155	-8.0%	1,730	1,949	12.7%	0.1%
AYACUCHO	-	36	+	367	451	22.9%	0.0%
<b>ORO / G FINOS</b>	<b>11,482,607</b>	<b>10,294,804</b>	<b>-10.3%</b>	<b>128,536,044</b>	<b>118,118,694</b>	<b>-8.1%</b>	<b>100%</b>
CAJAMARCA	2,924,732	2,469,838	-15.6%	28,450,618	29,734,018	4.5%	25.2%
LA LIBERTAD	2,702,021	2,524,620	-6.6%	32,033,963	27,738,251	-13.4%	23.5%
AREQUIPA	1,716,933	1,714,747	-0.1%	20,581,005	1,080,921	-17.0%	14.5%
AYACUCHO	957,436	1,013,756	5.9%	10,899,266	11,150,170	2.3%	9.4%
PUNO	826,289	700,918	-15.2%	9,202,766	8,424,010	-8.5%	7.1%
MADRE DE DIOS	793,346	561,902	-29.2%	9,370,119	6,531,166	-30.3%	5.5%
CUSCO	402,278	374,438	-6.9%	5,575,233	5,979,494	7.3%	5.1%
TACNA	273,805	257,827	-5.8%	2,951,189	3,081,824	4.4%	2.6%
ÁNCASH	227,929	122,184	-46.4%	2,579,745	2,068,372	-19.8%	1.8%
PASCO	125,000	151,565	21.3%	1,631,634	1,656,493	1.5%	1.4%
APURÍMAC	240,578	135,153	-43.8%	2,330,912	1,273,083	-45.4%	1.1%
HUANCAVELICA	37,182	64,144	72.5%	350,410	854,521	143.9%	0.7%
PIURA	84,596	67,879	-19.8%	699,766	796,475	13.8%	0.7%
JUNÍN	62,913	59,100	-6.1%	651,563	656,753	0.8%	0.6%
LIMA	61,193	40,715	-33.5%	618,814	481,482	-22.2%	0.4%
MOQUEGUA	46,375	13,033	-71.9%	411,173	363,711	-11.5%	0.3%
ICA	-	22,985	+	197,956	247,949	25.3%	0.2%
<b>ZINC / TMF</b>	<b>112,983</b>	<b>113,415</b>	<b>0.4%</b>	<b>1,354,112</b>	<b>1,271,838</b>	<b>-6.1%</b>	<b>100%</b>

ÁNCASH	39,409	24,824	-37.0%	498,328	383,092	-23.1%	30.1%
JUNÍN	22,630	23,766	5.0%	259,233	252,350	-2.7%	19.8%
PASCO	18,859	23,849	26.5%	214,529	220,000	2.6%	17.3%
LIMA	11,514	17,397	51.1%	132,208	146,176	10.6%	11.5%
ICA	13,127	11,245	-14.3%	122,769	139,587	13.7%	11.0%
AYACUCHO	290	4,338	+	35,855	47,155	31.5%	3.7%
HUÁNUCO	3,372	3,618	7.3%	43,281	38,614	-10.8%	3.0%
AREQUIPA	2,958	3,359	13.6%	33,304	34,397	3.3%	2.7%
HUANCAVELICA	799	1,019	27.6%	12,497	8,362	-33.1%	0.7%
CUSCO	5	1,019	27.6%	12,497	1,815	-2.1%	0.1%
PUNO	18	-	-	254	293	15.2%	0.0%
<b>PLOMO / TMF</b>	<b>23,908</b>	<b>26,092</b>	<b>9.1%</b>	<b>260,685</b>	<b>280,593</b>	<b>7.6%</b>	<b>100%</b>
PASCO	7,119	9,156	28.6%	82,656	92,169	11.5%	32.8%
LIMA	4,126	4,798	16.3%	46,023	47,597	3.4%	17.0%
JUNÍN	4,006	3,594	-10.3%	40,880	41,304	1.0%	14.7%
ÁNCASH	2,588	2,431	-6.1%	24,320	25,046	3.0%	8.9%
AREQUIPA	1,816	2,207	21.6%	19,835	23,668	19.3%	8.4%
HUÁNUCO	1,401	1,049	-25.1%	18,015	15,320	-15.0%	5.5%
HUANCAVELICA	1,232	1,239	0.6%	11,338	14,067	24.1%	5.0%
ICA	1,445	1,012	-30.0%	13,179	12,978	-1.5%	4.6%
AYACUCHO	142	602	324.6 %	2,859	6,663	133.0 %	2.4%
CUSCO	7	3	-57.0%	1,208	1,082	-10.4%	0.4%
PUNO	27	-	-	373	698	87.4%	0.2%
<b>PLATA / KG FINOS</b>	<b>332,903</b>	<b>333,030</b>	<b>0.0%</b>	<b>3,824,279</b>	<b>3,511,983</b>	<b>-8.2%</b>	<b>100%</b>
JUNÍN	58,554	57,617	-1.6%	643,376	602,922	-6.3%	17.2%
PASCO	52,635	58,701	11.5%	585,149	601,162	2.7%	17.1%
ÁNCASH	52,709	54,899	4.2%	625,172	589,123	-5.8%	16.8%
LIMA	45,163	50,711	12.3%	607,747	482,119	-20.7%	13.7%
AYACUCHO	42,796	39,448	-7.8%	444,670	444,875	0.0%	12.7%
AREQUIPA	21,701	11,901	-45.2%	271,281	133,895	-50.6%	3.8%
HUANCAVELICA	11,975	11,336	-5.3%	124,340	127,162	2.3%	3.6%
CUSCO	11,170	9,113	-18.4%	120,572	120,138	-0.4%	3.4%
ICA	9,820	9,880	0.6%	111,088	110,537	-0.5%	3.1%
TACNA	7,038	9,616	36.6%	62,375	100,926	61.8%	2.9%
HUÁNUCO	5,581	7,690	37.8%	66,575	69,320	4.1%	2.0%
MOQUEGUA	7,155	5,773	-19.4%	79,248	67,251	-15.1%	1.9%
CAJAMARCA	3,495	4,323	23.7%	40,788	35,246	-13.6%	1.0%
LA LIBERTAD	2,808	1,904	-32.2%	39,416	24,720	-37.3%	0.7%
PUNO	167	-	-	1,462	1,554	6.3%	0.0%
APURÍMAC	135	119	-12.3%	1,021	1,035	1.4%	0.0%
<b>HIERRO / TMF</b>	<b>569,214</b>	<b>1,108,329</b>	<b>94.7%</b>	<b>8,637,929</b>	<b>8,946,910</b>	<b>3.6%</b>	<b>100%</b>
ICA	569,214	1,108,329	94.7%	8,637,929	8,946,910	3.6%	100%
<b>ESTAÑO / TMF</b>	<b>1,597</b>	<b>1,609</b>	<b>0.7%</b>	<b>16,905</b>	<b>18,083</b>	<b>7.0%</b>	<b>100%</b>
PUNO	1,597	1,609	0.7%	16,905	18,083	7.0%	100%



MOLIDENO / TMF	2,174	3,421	57.3%	25,641	27,049	5.5%	100%
AREQUIPA	921	1,111	20.6%	11,477	11,691	1.9%	43.2%
TACNA	348	937	168.9 %	3,854	6,381	65.6%	23.6%
MOQUEGUA	257	310	20.4%	2,797	2,926	-31.0%	10.8%
ÁNCASH	347	770	121.9 %	4,238	2,926	-3.2%	6.5%
APURÍMAC	151	144	-4.6%	1,809	1,752	-3.2%	6.5%
CUSCO	110	126	14.7%	813	1,093	34.5%	4.0%
JUNÍN	40	23	-41.9%	652	255	-61.0%	0.9%

**Fuente:** Boletín Estadístico Minero, Ministerio de Energía y Minas

### **B. Residuos generados por la actividad minera:**

Según el Ministerio de Minería de Chile (2002, pg. 14), los residuos que se generan a través de la actividad minera son:

#### ✓ **Residuos de Extracción**

En función de las características de los yacimientos, se hace necesario para su explotación remover grandes cantidades de material, el cual debe posteriormente ser reubicado en el entorno del yacimiento o planta de procesamiento.

#### ✓ **Residuos de Flotación**

En el proceso de flotación, concentración de los minerales de cobre y oro, se producen los residuos llamados relaves, son residuos que están compuestos por una suspensión fina de sólidos (mezcla de 50% en peso de sólidos y 50% de agua). Los relaves son conducidos en forma de pulpa hacia los depósitos llamados tranque de relaves, los que están diseñados para permitir la decantación de los sólidos en suspensión y dependiendo de la faena, se puede recircular la fase líquida (aguas sobre nadantes) al proceso o descartarla, ya sea a través de evaporación, evapotranspiración, descarte a cursos de agua o infiltración.

✓ **Residuos de Fundición**

En los procesos de fusión y conversión se generan escorias, estos principalmente fijan el hierro y otros metales presentes en el concentrado, mediante la generación de compuestos estables con la sílice que se utiliza como fundente. Las escorias son retiradas desde los hornos y son dispuestas en vertederos.

✓ **Residuos de Lixiviación**

En el proceso de lixiviación del mineral oxidado y sulfuros secundarios, se generan los residuos sólidos llamados ripios, en este proceso el mineral chancado, con un tamaño aproximado de un cuarto de pulgada, se dispone formando una pila a la cual se le hace pasar un fluido lixivante durante un período de tiempo definido, (ácido sulfúrico en el caso de minerales de cobre y cianuro en el caso del oro), el cual solubiliza el metal de interés contenido en la pila. Una vez extraído el metal valioso, el mineral "agotado" que queda recibe el nombre de ripio de lixiviación o de cianuración. Estos residuos masivos mineros provenientes de las operaciones de extracción son considerados no peligrosos.

### 1.1.3.2. **Relave minero**

#### **A. Definición:**

Ingeniería Ambiental (2006), para fundamentar el concepto sobre relave, emplearemos la definición publicada por el Instituto de Estudios Energéticos Mineros denominado *Legislación Ambiental en la Minería Peruana*, Brunke (2005) afirma lo siguiente:

El relave viene a ser el residuo resultante del proceso de concentración de minerales, constituido en un lodo que contiene pequeñas fracciones de rocas de

mineral sedimentado en grandes volúmenes que se extiende en grandes áreas de terreno.

El lodo del relave lo constituye una serie de elementos y/o compuestos químicos resultante o utilizados en las actividades del proceso minero.

Los relaves son transportados utilizando diversas formas hasta los lugares donde son vertidos; antiguamente se desplazaban en lagos, ríos, océanos y riachuelos; generando un gran impacto ambiental, no obstante, Brunke sostiene que los relaves son depositados en áreas adyacentes a la unidad minera debidamente encapsulada y manejada, conocidas como canchas de relave, aunque la fisiografía (Geografía física) de algunas zonas del territorio andino peruano no siempre resulta apropiada para estos efectos.

#### **B. Origen del Relave:**

Según Ministerio de Energía y Minas del Perú, (1995, p.8), el proceso de la obtención de minerales empieza con el chancado del mineral proveniente de la mina hasta tamaños de partículas generalmente en el rango de centímetros o milímetros. El mineral chancado es luego reducido a tamaños menores a un milímetro, en grandes tambores rotatorios clasificados como molinos de bolas, molinos de varillas y molinos semi-autógenos (SAG). Se agrega agua al mineral molido y el material permanece en forma de lodo (pulpa) a través del resto del proceso de extracción.

El siguiente paso es llamado comúnmente flotación. La flotación opera sobre el principio de que partículas individuales que contienen el mineral que se desea extraer son hechas receptivas selectivamente, a pequeñas burbujas de aire que se adhieren a estas partículas y las elevan a la superficie de un tanque agitado. Las espumas que contienen estas partículas valiosas son retiradas de la superficie,

procesadas, y secadas para transformarse en concentrado, este producto final de la concentradora, es embarcado a la fundición para su refinación. Entre tanto, las partículas de desecho que quedan constituyen los relaves. Después de recuperar algo del agua del proceso en tanques apropiados, conocidos como espesadores, los relaves son bombeados al lugar destinado para su almacenamiento.

### C. Ubicación y accesibilidad de Relavera Santa Catalina:

El depósito de relaves Santa Catalina se encuentra en el Distrito de Quiruvilca, Provincia de Santiago de Chuco, Región La Libertad.

El acceso por vía terrestre se realiza a través de la ruta Trujillo – Huamachuco.

Las coordenadas de la Relavera Santa Catalina son  $8^{\circ}1'27.13''S$   $78^{\circ}18'39.39''O$  UTM, así mismo se encuentra a una altura de 3900 m s. n. m.

### D. Tipos de Depósitos de Relave Minero:

Según el Ministerio de Minería de Chile, (2007, pp.165). Existen varios tipos de depósitos de relaves, que varía según la cantidad de agua que acompaña al relave y según la forma del depósito. Existen los siguientes tipos:

- ✓ **Tranque de Relave:** Depósito en el cual el muro es construido por la fracción más gruesa del relave, compactado, proveniente de un hidrociclón (operación que separa sólidos gruesos de sólidos más finos, mediante impulsión por flujo de agua). La parte fina, denominada Lama, se deposita en la cubeta del depósito.
- ✓ **Embalse de relave:** Es aquel depósito donde el muro de contención está construido de material de empréstito (tierra y rocas aledañas) y se encuentra impermeabilizado en el coronamiento y en su talud interno. También se llaman embalses de relaves aquellos depósitos ubicados en

alguna depresión del terreno en que no se requiere construcción de un muro de contención.

- ✓ **Relave Espesado:** Depósitos en el que la superficie es previamente sometida a un proceso de sedimentación, en equipo denominado Espesador, que favorece la sedimentación de los sólidos (de manera similar a la limpieza de agua de ríos para hacer agua potable), con el objetivo de retirar parte importante del agua contenida, la que puede ser re-utilizada para reducir el consumo hídrico de fuentes de agua limpia. El depósito de relave espesado se construye de forma tal que impida que el relave fluya a otras áreas distintas a las del sitio autorizado, y contar con un sistema de piscinas de recuperación de agua remanente que pudiese fluir fuera del depósito.
- ✓ **Relave Filtrado:** Es similar al espesado. Se trata de un depósito en que el material contiene aún menos agua, gracias al proceso de filtrado, para asegurar así una humedad menor a 20%. Esta filtración es también similar a la utilizada en Agua Potable.
- ✓ **Relave en pasta:** Corresponden a una mezcla de agua con sólido, que contiene abundantes partículas finas y bajo contenido de agua, de modo que la mezcla tenga una consistencia espesa, similar a una pulpa de alta densidad.
- ✓ **Otros tipos:** Existen otros tipos de depósitos de relaves, como por ejemplo los depósitos en minas subterráneas, en rajes abandonados, entre otros.

### E. Características Químicas del Relave Minero:

En la Tabla 3, presenta las composiciones mineralógicas de la muestra de relave minero (Minera Quiruvilca), que fue sometida al método analítico: Vía Seca – Volumetría – Absorción Atómica.

**Tabla 3**

*Análisis Químico de Relave Minero*

<b>Metal</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Au - ORO (g/tm)</b>	2.36
<b>Au - ORO (oz/tc)</b>	0.07
<b>Ag - PLATA (g/tm)</b>	107.74
<b>Ag - PLATA (oz/tc)</b>	3.14
<b>Cu - COBRE (%)</b>	0.5
<b>Pb - PLOMO (%)</b>	0.32
<b>Zn - ZINC (%)</b>	0.45
<b>Fe - HIERRO (%)</b>	27.83
<b>As - ARSENICO (%)</b>	0.29
<b>Sb - ANTIMONIO (%)</b>	0.02

**Fuente:** G&S Laboratory SRL (2020)

Según G&S Laboratory SRL (2020), respecto a la muestra de relave, este presenta un contenido mayoritario de plata con un contenido de 107.74 (g/tm).

### F. Características Físicas del Relave Minero:

De acuerdo a Romero E. (2006), el comportamiento de los relaves va a venir determinado por sus propiedades y también por la naturaleza del depósito. La deposición de los lodos puede dar lugar a dos clases fundamentales de material; arenas depositadas mediante mecanismos hidráulicos y limos depositados mediante procesos de sedimentación. Las propiedades de los lodos arenosos suelen ser similares a la de los suelos naturales tamaño arena, mientras que la de los lodos limosos presentan un comportamiento más complejo, a continuación, se me mencionan las características físicas del relave minero:

- ✓ **Granulometría:** La granulometría va a determinar el posible aprovechamiento o la calidad de los residuos, especialmente sobre el tamaño de las partículas sólidas, donde se muestra en los datos de la siguiente Tabla 4 (Llique, 2014).

**Tabla 4**

*Granulometría del Relave Minero*

<b>Granulometría</b>	<b>% De paso</b>	<b>Calidad</b>
<b>Gruesos</b>	0 - 15 % menor de 74 ppm (micrómetro)	Buenos
<b>Medios</b>	15 - 50% menor de 74 ppm	Generalmente bueno
<b>Finos</b>	50 - 80 % menor de 74 ppm	Cuestionables
<b>Limos</b>	100% menor de 74 ppm y 25% menor de 200 ppm	Almacenado por presas convencionales

**Fuente:** Llique (2014)

- ✓ **Peso específico:** Generalmente los lodos están saturados, es decir, todo el volumen de vacíos entre partículas sólidas esta ocupados por el medio acuoso, por lo que, de esta forma, podemos hablar de la proporción de solidos respecto a la mezcla total y que se denomina concentración.  
  
El peso específico de los relaves es muy variable en función de las concentraciones de mineral, de la granulometría, etc. En el caso de relaves secos, su peso específico depende de las condiciones de consolidación de los mismos en la balsa y de la evolución del índice de poros de la deposición inicial hasta el estado final bajo vertidos sucesivos.
- ✓ **Permeabilidad:** Un material se considera permeable cuando está situado entre otros menos permeables que él, por lo que podemos decir que todos los materiales son más o menos permeables. En este sentido podemos afirmar que el agua filtra a través de todos los materiales, con la única diferencia de la magnitud o intensidad. Lo cual va a depender de la

amplitud de los huecos o vacíos continuos que existan en sus partículas.

Por lo tanto, la variación de la permeabilidad es función de la granulometría, plasticidad, del modo de posición y de su profundidad en el depósito.

- ✓ **Plasticidad:** Es la propiedad que permite al material sufrir deformaciones sin recuperación elástica perceptible y sin resquebrajarse ni desmenuzarse. También la podemos definir como la capacidad que tiene ciertos materiales para cambiar de forma, bajo una carga constante, sin cambio apreciable de volumen.

La plasticidad de los relaves procedente de las plantas de tratamiento mineral viene dada en función del tipo de relave u porcentaje de finos que presente. Esta plasticidad se determina por los llamados límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), que nos sirve para determinar la humedad para la cual un suelo pasa del estado líquido al plástico y de este al sólido.

- ✓ **Forma y dureza:** Los relaves como son de naturaleza polimetálico presentan diferentes minerales las cuales tienen distintas formas, tamaños y dureza.

#### **G. Ensayos físico mecánico de Relave Minero:**

- ✓ Contenido de Humedad según NTP 339.185:2013
- ✓ Análisis Granulométrico de acuerdo a la NTP 400.012:2013
- ✓ Peso Unitario según NTP 400.017:2011
- ✓ Peso específico y absorción según NTP 400.022:2013



## H. Impacto de Relaves Mineros:

De acuerdo a Cruzado y Bravo (2010, p.11), los residuos provenientes de la actividad minera son, por su composición y densidad, materiales peligrosos capaces de romper los equilibrios de los ecosistemas, afectar la salud pública, degradar cuerpos de agua y modificar paisajes naturales. El riesgo del mal manejo de los relaves mineros proviene tanto de la manera en que se lo gestiona, cuanto de alta toxicidad de sus componentes, lo que grava su peligrosidad y su potencial como generador de impactos contaminantes. En forma general, se podría agrupar los impactos atribuibles a mal manejo de los relaves mineros del siguiente modo:

### ✓ **Impacto ambiental**

Según Cruzado y bravo, (2010, p.11), se provocan en los entornos donde se deposita y confinan, lo cual, al hacerse sin las precauciones técnicas recomendadas, puede provocar daños en cuerpos acuíferos (ríos, lagunas, napa freática), suelos y atmósfera. Asimismo, la degradación del paisaje, tras la acumulación del relave minero, desaparece las coberturas vegetales, deseca lagunas y crea montículos que al crecer conforman colinas que modifican el relieve de un territorio.

### ✓ **Impacto social**

Según Cruzado y bravo, (2010, p.12), se refiere a los que se originan en los modos de vida de las poblaciones humanas, así como en sus condiciones sociales, lo que se perturban hasta el punto de generar perjuicios que la sociedad tiene que internalizar. El caso más palpable tiene que ver con los impactos registrados en la salud de las personas. La composición tóxica de los relaves, su ubicación en espacios adyacentes a poblaciones, agravan el riesgo de que las condiciones de salud de las

personas sufran alteraciones altamente nocivas. Otro efecto reconocible, que se articula con los impactos ambientales y económicos, tiene que ver con el hecho de que las fuentes de agua que abastecen a las poblaciones adyacentes a los pasivos ambientales, al verse degradadas, provocan perturbación en el estilo de vida de las personas y resquebrajan las relaciones sociales y las instituciones tradicionales tejidas alrededor del acceso al agua.

✓ **Impacto económico**

Según Cruzado y bravo, (2010, p.13), se refiere a las consecuencias negativas de los relaves y pasivos ambientales en las actividades económicas y productivas de las comunidades cercanas a las zonas críticas. Los impactos económicos derivados de los tratamientos deficientes de los relaves se han hecho más patentes a partir del caso de accidentes que han generado perjuicios importantes en actividades productivas, tales como la agricultura o la piscicultura. Sea por zonas de almacenamiento poco apropiadas, sea por riesgos derivados de la sísmica del territorio peruano, las presas de relaves pueden colapsar y afectar carreteras, caminos, puentes, viviendas, así como infraestructura productiva (tierras de cultivo, canales acuíferos, piscigranjas).

### **1.1.3.3. Usos alternativos de Relave Minero**

Según Cruzado y Bravo, (2010, p.14), de acuerdo a las investigaciones realizadas sugieren reusar el relave minero en la fabricación de baldosas y ladrillos, tarrajeo de paredes, fabricación de adoquines; reemplazado al agregado fino por el relave.

#### 1.1.3.4. Unidades de Albañilería

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2006, Norma E.070), las unidades de albañilería a las que esta norma menciona son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima. Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial. Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica.

##### A. Clasificación de la Unidades de Albañilería:

###### ✓ Clasificación por su materia prima y fabricación

Según Reglamento Nacional de Edificaciones, (2006, Norma E.070, la clasificación de las unidades de albañilería es de la siguiente manera:

**Por su materia prima:** las unidades de albañilería son básicamente hechas de arcilla (unidades cerámicas), de sílice-cal (unidades sílico-calcáreas) y de concreto.

**Por su fabricación:** las unidades pueden ser artesanales o industriales. Las unidades de arcilla y de concreto admiten ambas modalidades, mientras que las unidades sílico-calcáreas son únicamente de fabricación industrial.

###### ✓ Clasificación por sus dimensiones

De acuerdo a San Bartolome, A., Quiun, D. & Silva, W. (2011, p. 105), sus dimensiones o por su tamaño, las unidades se clasifican en ladrillos y bloques.

**Ladrillo:** Se denomina ladrillo aquella unidad cuya dimensión y peso permiten que sea manipulado con una sola mano.

**Bloque:** Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere las dos manos para su manipulación.

✓ **Clasificación para fines estructurales**

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, (2006, Norma E. 070), para los efectos del diseño estructural las unidades de albañilería tendrán las siguientes características indicadas en la siguiente Tabla 5:

**Tabla 5**

*Características de unidad de albañilería para fines estructurales*

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión $f^b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
<b>Ladrillo I</b>	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
<b>Ladrillo II</b>	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
<b>Ladrillo III</b>	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
<b>Ladrillo IV</b>	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
<b>Ladrillo V</b>	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
<b>Bloque P</b>	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
<b>Bloque NP</b>	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.070

**B. Tipos de unidad de albañilería:**

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, (2006, Norma E.070), los tipos de unidades de albañilería son las siguientes:

- ✓ **Unidad de Albañilería Sólida o Maciza:** Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- ✓ **Unidad de Albañilería Hueca:** Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

- ✓ **Unidad de Albañilería Tubular o Pandereta:** Esta unidad de albañilería tiene huecos paralelos a la superficie de asiento.
- ✓ **Unidad de Albañilería Alveolar:** Es aquella unidad de albañilería sólida o hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados.
- ✓ **Unidad de Albañilería Apilable:** Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero. Dentro de este tipo de unidad de albañilería se pueden considerar también al siguiente bloque:
  - **Bloques de concreto ensamblable:** Es la nueva innovación tecnológica en el sector constructivo, Según la Empresa Mexicana (Omega), permite ensamblarse unos con otros sin necesidad de utilizar mezcla de cemento-arena o aglutinante alguno para su colocación, generando un muro de junta seca. Ahorrando tiempo de construcción (hasta un 50%).

#### 1.1.3.5. Bloque de concreto

Los bloques de concreto son materiales prefabricados donde se utilizan como una alternativa de sustitución a los ladrillos de arcilla.

Según NTP 399.602, (2017, p.3), el bloque de concreto se define como la pieza prefabricada a base de cemento, agua y áridos finos y/o gruesos, naturales y/o artificiales con o sin aditivos, incluidos pigmentos de forma sensiblemente prismática con dimensiones modulares y ninguna mayor a 60 cm.

Aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipulación durante la operación de asentado.

De acuerdo con las NTP 399.602, (2017, p.6), las dimensiones mínimas de los bloques de concreto son:

- Largo: 20 cm
- Ancho: 10 cm
- Alto: 10 cm

La norma E.070 indica que las unidades de concreto serán utilizadas después de lograr su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, la edad mínima para usarlas es de 28 días, de otro modo, al secar se contraerán y fisurarán los muros. Los bloques de concreto son elementos modulares, pre moldeado, diseñado para ser utilizados en los sistemas de albañilería confinada o armada. Para su fabricación se requiere de materiales usuales del concreto, es decir, piedra partida, arena, cemento y agua; siendo posible su elaboración a pie de obra, evitando así las actividades de transporte de las unidades terminadas, lo cual significa aspectos favorables para la ejecución de edificaciones, sobre todo para aquellas realizadas por autoconstrucción (Arrieta, 2001, p.1).

#### **A. Componentes de bloque de concreto:**

##### **✓ Cemento Portland**

El cemento es una de los elementos principales del concreto, que se forma a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinada y posteriormente molida, el cual posee la propiedad de endurecerse al entrar en contacto con el agua al ser mezclado con agregados pétreos como (grava y arena ) y que crea una mezcla plástica, uniforme, maleable , de características plásticas, con propiedades adherentes, que solidifica en horas y endurece de manera creciente durante varias semanas hasta adquirir su resistencia

característica, esta mezcla adquiere consistencia pétreo que se denomina hormigón concreto (Acosta, 2014, p.15).

✓ **Agregados**

Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los morteros y concretos. La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto (Abanto, 2009, p.23).

- **Agregado Fino:** Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8"). (Abanto, 2009, p.24).
- **Agregado Grueso:** Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 04) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas. El agregado grueso puede ser grava. Piedra chancada, etc. (Abanto, 2009, p.26).

✓ **Agua**

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto al acero (Abanto, 2009, p.21).

**Tabla 6**

*Límites químicos para el agua de mezcla*

<b>Concentración máxima en el agua de mezcla combinada, ppm</b>	<b>Límite</b>
A. Cloruro como CL, ppm	
1. En concreto pretensados, tableros de puentes, o designados de otra manera.	500
2. Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metal diversos.	1000
B. Sulfatos como SO <sub>4</sub> , ppm	3000
C. Alcalisis como (Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O), ppm	600
D. Sólidos totales por masa, ppm	5000

**Fuente:** NTP 339.088

**B. Propiedades del bloque de concreto:**

✓ **Propiedades físicas**

- **Densidad:** Nos permite determinar si un bloque es pesado o liviano, además indica el índice de esfuerzo de la mano de obra o de equipo requerido para su manipulación desde su fabricación hasta su asentado. (Arrieta, 2001, p.14). Los ensayos de densidad se harán de acuerdo a lo indicado en la norma NTP 399.604:2002.

$$Densidad \left( \frac{kg}{m^3} \right) = \left( \frac{Wd}{Ws - Wi} \right) \times 100$$

Donde:

Ws= Peso húmedo del espécimen (Kg)

Wd= Peso seco del espécimen (Kg)

Wi= Peso sumergido del espécimen (Kg)

- **Absorción:** La absorción del agua se mide como el paso del agua, expresado en porcentaje del peso seco, absorbido por la pieza sumergida en agua. Esta propiedad se relaciona con la permeabilidad de la pieza



y del mortero y con la resistencia que puede desarrollar. Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en la norma NTP 399.602:2002.

La capacidad de absorción del bloque se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y secada superficialmente. Se puede hallar de la siguiente forma:

$$\text{Absorción (\%)} = \left( \frac{W_s - W_d}{W_d} \right) \times 100$$

Donde:

$W_s$  = Peso húmedo del espécimen (Kg)

$W_d$  = Peso seco del espécimen (Kg)

Asimismo, los requisitos que deben cumplir los bloques de concreto es lo siguiente: Según NTP 399.602, (2002, p.7)

### Tabla 7

#### *Requisitos para Absorción*

<b>Absorción máxima en % (promedio de 3 unid)</b>
12

**Fuente:** NTP 399.602:2002

- **Alabeo:** Es un defecto que tiene el ladrillo de presentar una deformación superficial en sus caras; el alabeo se presenta como concavidad y convexidad (Arrieta, 2001, p.23). Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la norma NTP 399.613:2005.
- **Variación dimensional:** En términos generales, ningún ladrillo conforma perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias de largo, de ancho y alto, así como deformaciones de la

superficie asimilables a concavidades o convexidades. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes. A mayores imperfecciones mayores espesores de juntas. Para la determinación de la variación de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la norma NTP 399.604:2002.

✓ **Propiedades mecánicas**

- **Resistencia a la compresión:** La propiedad mecánica de resistencia a la compresión de los bloques de concreto, es el índice de calidad más empleado para albañilería y en ellas se basan los procedimientos para predecir la resistencia de los elementos estructurales. (Arrieta, 2001, p.14). Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos correspondientes, de acuerdo a lo indicado en la norma NTP 399.604 (2002). Durante el ensayo, debe tomarse como precaución el enrasado de la cara en contacto con la cabeza de la compresora para garantizar una distribución uniforme de la fuerza.

**Tabla 8**

*Requisitos de Resistencia a Compresión*

<b>Resistencia a la compresión, mínimo, en Mpa respecto al área bruta promedio</b>	
Promedio de 3 unid	Unidad individual
7	6

**Fuente:** NTP 399.602:2002

**C. Tipos de bloques de concreto:**

- ✓ **Según su función**

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones (2006, Norma E.070), los bloques de concreto se clasifican de la siguiente manera:

- **Estructural:** La función estructural está ligada a la capacidad del muro para soportar o no cargas, diferentes a la de su peso propio. Donde se tiene diferentes tipos: según el Reglamento Nacional de Edificaciones, (2006, Norma E.070).
    - **Bloque clase NP (No Portante):** Son bloques que no soportan carga o sirven para paredes divisorias, cuya función principal es conformar muros que sirvan para divisar espacios, sin tener una función expresa o tácita de soportar techo o niveles superiores este tipo de mampostería.
    - **Bloque clase P (Portante):** Son bloques para paredes que soportan cargas.
  - **Arquitectónica:** Las unidades de función estructural puede estar o no ligada a su función arquitectónica de acuerdo a la forma física que le ha dado; entre los cuales se tiene con acabados y sencilla.
- ✓ **Según los tipos de unidades**

De acuerdo a al Reglamento Nacional de Edificaciones (2006, Norma E.070), los bloques de concreto se clasifican de la siguiente manera:

- **Unidades sólidas:** Son ladrillos macizos tradicionales o con alveolos perpendiculares a la cara de asiento, que no alcanzan más del 30% del área de la sección bruta.
- **Unidades huecas:** En estas unidades el área alveolar excede al 30% del área bruta y los alveolos tienen dimensiones, tales pueden llenarse con concreto líquido.

- **Unidades perforadas:** Tienen más del 30% del área bruta ocupada por los alveolos, pero estos son tan reducidos que no pueden llenarse con concreto líquido.

✓ **Según su acabado**

De acuerdo la NTP 399.602, (2017, p.3), el bloque se clasifica según su acabado de la siguiente manera:

- **Bloque caravista:** Su uso es sin revestimiento y de acuerdo con la textura cabe destacar es rugoso y liso.
- **Bloque a revestir:** Tiene una rugosidad suficiente para proporcionar una buena adherencia al revestimiento.

✓ **Según su densidad**

De acuerdo a la NTP 399.602, (2017, p.3), se muestra los siguientes tipos:

- **Bloque de concreto normal:** Es la unidad que en condiciones de secado tiene una densidad de  $2000 \text{ kg/m}^3$  a más.
- **Bloque de concreto liviano:** Cuya densidad es inferior a  $1680 \text{ kg/m}^3$ .
- **Bloque de concreto medio:** Su densidad está comprendida entre 1680 a  $2000 \text{ kg/m}^3$ .

**D. Ensayos de bloque de concreto:**

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, (2006, Norma E.070) y a la NTP 399.604, (2002, pp.4-12), las pruebas que se deben realizar a un bloque de concreto son las siguientes:

- ✓ Resistencia a compresión
- ✓ Ensayo de Absorción.

### 1.1.3.6. Diseño de mezcla de concreto

Se refiere a la determinación de las cantidades de materiales del concreto. Un concreto con buena proporción presentará estas características: trabajabilidad, durabilidad, resistencia y apariencia uniforme; y ser económico (Kosmatka, Panarese & Tanesi, 2004).

- Selección de la resistencia a la compresión requerida

**Tabla 9**

*Resistencia requerida*

$f'c$	$f'cr$
$f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 < f'c < 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'c + 84 \text{ kg/cm}^2$
$f'c > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'c + 98 \text{ kg/cm}^2$

**Fuente:** Método ACI 301

- Selección del asentamiento de diseño

**Tabla 10**

*Asentamiento por el tipo de consistencia del concreto*

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" - 2"	Poco	Vibración normal
Plástica	3" - 4"	Buena	Vibración ligera Chuseado
Fluida	> 5"	Poca	Chuseado

**Fuente:** Tecnología del Concreto de Abanto, 2009

**Tabla 11**

*Asentamiento dependiendo el tipo de construcción*

Tipo de Estructura	Slump Máx.	Slump Mín.
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y pavimentos	3"	1"

<b>Concreto Ciclópeo</b>	2"	1"
--------------------------	----	----

Fuente: Método ACI 211

- **Elección del Tamaño Máximo y del Tamaño Máximo Nominal**

El tamaño máximo y el tamaño máximo nominal se obtienen del análisis granulométrico del agregado grueso.

- **Cálculo del agua de la mezcla y contenido de aire**

**Tabla 12**

*Cantidad de agua y aire con respecto al asentamiento*

<b>Requerimientos aproximados de agua de mezclado de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados</b>									
<b>Asentamiento o Slump</b>		Agua en lt/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados							
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concretos sin aire incorporado</b>									
<b>1" a 2"</b>	<b>25 a 50</b>	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>3" a 4"</b>	<b>75 a 100</b>	228	216	205	193	181	169	145	124
<b>6" a 7"</b>	<b>150 a 175</b>	213	228	216	202	190	178	160	-
<b>Cantidad aproximada de aire atrapado, en porcentaje</b>		3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>Concretos con aire incorporado</b>									
<b>1" a 2"</b>	<b>25 a 50</b>	181	175	168	160	150	142	122	107
<b>3" a 4"</b>	<b>75 a 100</b>	202	193	184	175	165	157	133	119
<b>6" a 7"</b>	<b>150 a 175</b>	216	205	197	184	174	166	154	-
<b>Promedio recomendado para el contenido total de aire, en porcentaje</b>									
<b>Exposición leve</b>		4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
<b>Exposición moderada</b>		6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
<b>Exposición severa</b>		7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: Método ACI 211

- Selección de la relación agua y cemento

**Tabla 13**

*Relación agua/cemento por resistencia para f'cr*

<b>Relación Agua - Cemento y Resistencia a la Compresión del Concreto</b>		
<b>Resistencia a la Compresión a los 28 días (f'c) (kg/cm<sup>2</sup>) (Mpa)</b>	<b>Relación Agua - Cemento de Diseño en Peso</b>	
	<b>Concreto sin aire incorporado</b>	<b>Concreto con aire incorporado</b>
<b>450 (45)</b>	0.38	---
<b>400 (40)</b>	0.43	---
<b>350 (35)</b>	0.48	0.40
<b>300 (30)</b>	0.55	0.46
<b>250 (25)</b>	0.62	0.53
<b>200 (20)</b>	0.70	0.61
<b>150 (15)</b>	0.80	0.71

**Fuente:** Método ACI 211

- Cálculo del contenido de cemento

*Ecuación 1: Contenido de Cemento*

$$\text{Contenido de cemento} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Contenido de agua} \left( \frac{\text{l}}{\text{m}^3} \right)}{\text{Relación} \left( \frac{\text{a}}{\text{c}} \right)}$$

**Fuente:** Método ACI 211

- Estimación de agregados

- Estimación del agregado grueso

**Tabla 14**

*Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto*

<b>Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso</b>	<b>Volumen del agregado grueso varillado (compactado) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino</b>			
	<b>Módulo de Finura del Agregado Fino</b>			
	<b>2.40</b>	<b>2.60</b>	<b>2.80</b>	<b>3.00</b>

3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

**Fuente:** Método ACI 211

- Peso del agregado grueso

**Ecuación 2:** *Peso del agregado grueso*

$$\text{Peso seco AG} = PUSC(AG) \times \left(\frac{b}{b_0}\right)$$

**Fuente:** Método ACI 211

- Volumen del agregado grueso

**Ecuación 3:** *Volumen del agregado grueso*

$$\text{Volumen del AG} = \frac{\text{Peso seco AG}}{\text{Pem AG}}$$

**Fuente:** Método ACI 211

- **Estimación del agregado fino**

- Peso del agregado fino

**Ecuación 4:** *Peso del agregado fino*

$$\text{Volumen AF} = \text{Volumen faltante} - \text{Volumen AG}$$

**Fuente:** Método ACI 211

- Volumen del agregado fino

**Ecuación 5:** *Volumen del agregado fino*

$$\text{Peso seco AF} = \text{Pem AF} \times \text{Volumen AF}$$

**Fuente:** Método ACI 211

- **Corrección por humedad y % de absorción de los agregados**

- **Corrección por % de absorción de los agregados**

**Ecuación 6:** *Corrección por % de absorción del A.F*



$$\text{Correc. Peso AFsss} = \text{Peso seco AF} \times \left(1 + \frac{\% \text{ abs}}{100}\right)$$

**Fuente:** Método ACI 211

*Ecuación 7: Corrección por % de absorción del A.G*

$$\text{Correc. Peso AGsss} = \text{Peso seco AG} \times \left(1 + \frac{\% \text{ abs}}{100}\right)$$

**Fuente:** Método ACI 211

- **Corrección por humedad de los agregados**

*Ecuación 8: Corrección por humedad del A.F*

$$\text{Correc. Peso AF Hum} = \text{Peso seco AF} \times \left(1 + \frac{\% \text{ Hum}}{100}\right)$$

**Fuente:** Método ACI 211

*Ecuación 9: Corrección por humedad del A.G*

$$\text{Correc. Peso AG Hum} = \text{Peso seco AG} \times \left(1 + \frac{\% \text{ Hum}}{100}\right)$$

**Fuente:** Método ACI 211

- **Aporte de agua**

*Ecuación 10: Aporte de agua A.F*

$$\text{Aporte de agua AF} = \text{Peso seco AF} \times \left(\frac{\% \text{ Hum} - \% \text{ abs}}{100}\right)$$

**Fuente:** Método ACI 211

*Ecuación 11: Aporte de agua A.G*

$$\text{Aporte de agua AG} = \text{Peso seco AG} \times \left(\frac{\% \text{ Hum} - \% \text{ abs}}{100}\right)$$

**Fuente:** Método ACI 211

### 1.1.3.7. Estadística

#### A. Muestra:

Los valores a determinar para obtener un tamaño muestral que dependa de decisiones estadísticas y no estadísticas son las siguientes:

- **Tamaño de población:** Se denomina a una colección definida de objetos o individuos, conocida también como la población teórica.

- Intervalo de confianza: Es la medida estadística del número de veces de cada 100 que se espera que los resultados se encuentren dentro de los rangos.
- Nivel de confianza: Un intervalo del 95% significa que los resultados de una acción probablemente cubrirán las expectativas en un 95%.
- Desviación estándar: Mientras mayor es la desviación estándar mayor es la dispersión de los resultados de la población. (psyma, 2015).

***Ecuación 12: Desviación estándar***

$$n = \frac{Z^2 * S^2}{E^2}$$

**Fuente:** Psyma, 2015

Donde:

Z= Es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza.

S= Desviación estándar

E%= % del estimador o valor absoluto

n= Tamaño de la población

**B. Media Aritmética:**

Es simplemente la suma de todos los datos analizados por el investigador dividido por el total de datos recogidos para el análisis (Hernández, 2012).

***Ecuación 13: Media Aritmética***

$$x = \frac{\sum_{i=1}^k x_i n_i}{N} = \frac{x_i n_i + x_i n_i}{N}$$

**Fuente:** Hernández, 2012

Donde:

N= Representa el número total de datos

x<sub>i</sub>= Representa cada dato tomado de la muestra

x= Representa la media aritmética

n<sub>i</sub>= Representa el número de datos repetidos

### C. Varianza:

La varianza se define como la desviación de los valores analizados de la variable respecto a la media de la distribución todo al cuadrado y dividido entre el total de datos. El símbolo que le distingue es  $S^2$ . Además, el valor de  $S^2$  indica que grande o meno es el grado de dispersión respecto al valor promedio (Hernández, 2012).

#### *Ecuación 14: Varianza*

$$S^2 = \frac{\sum(x_i - x)^2}{n}$$

**Fuente:** Hernández, 2012

Donde:

$x_i$ = Representa valores originales

$x$ = Representa a la media de los valores originales.

$n$ = Cantidad de valores de la muestra.

### D. Desviación estándar (desviación típica):

Nos indica cuanto puede alejarse los valores respecto al promedio, es útil para buscar probabilidad de que un evento ocurra en un conjunto de datos. De esta manera una dispersión amplia puede ser volátil en el grupo analizado (Mora, 2009).

#### *Ecuación 15: Desviación estándar*

$$S = \sqrt{S^2}$$

**Fuente:** Mora, 2009

Donde:

$S$ = Desviación estándar.

$S^2$ = Varianza.

### E. Prueba de Normalidad de Shapiro – Wilk:

Cuando el ajuste es malo se rechaza la normalidad este test por lo general se aplica para valores estadísticos pequeños cuando el tamaño de la muestra es menor a 50

datos. Por lo que se afirma que este test mide el ajuste de la muestra (Salgado, 2018).

**Ecuación 16: Prueba de Normalidad de Shapiro – Wilk**

$$W = \frac{1}{ns^2} \left[ \sum_{i=1}^{i=h} a_{j,n} (X_{n-j+1} - X_j) \right]^2$$

$$ns^2 = \sum_{i=1}^{i=n} (x_j - X)^2$$

**Fuente:** Salgado, 2018

Donde:

x= Datos de la muestra

a= Valores obtenidos de la tabla estadística de distribución Shapiro-Wilk.

X= Media de la muestra.

**F. Homogeneidad de Varianzas:**

- **T-Student**

Se fundamenta en dos premisas; la primera: en la distribución de normalidad, y la segunda: en que las muestras sean independientes.

Permite comprar muestras,  $N \leq 30$  y/o establece la diferencia entre las medias de las muestras. El análisis matemático y estadístico de la prueba con frecuencia se minimiza para  $N > 30$ , utilizando pruebas no paramétricas, cuando la prueba tiene suficiente poder estadístico (Sánchez, 2015, p.59).

**Ecuación 17: T-Student**

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

**Fuente:** Sánchez, 2015

Donde:

$\mu$ = Media de la población

$\bar{x}$ = Media de la distribución de los datos

n= Tamaño de la muestra

s= Error estándar de la muestra

- **HSD Tukey**

Es similar a una prueba T de Student en cuanto a que se calcula una única diferencia crítica para realizar todas las comparaciones entre las medias.

Por tanto, es un test que trata de perfilar, una hipótesis alternativa genérica como la de cualquiera de los Test ANOVA (Saville, 1990).

### G. Prueba de Hipótesis:

- **ANOVA**

Denominado análisis de la varianza es utilizado para realizar comparaciones de dos o más grupos; con la finalidad de comprobar si dos o más grupos de acción arrojan resultados similares o parecidos. Además, puede contemplarse como un caso especial de la modelización econométrica, donde la variable dependiente es de tipo continuo y el conjunto de variables explicativas es ficticia (Vicéns, Herrarte, & Medina, 2005).

*Ecuación 18: Prueba de Hipótesis ANOVA*

$$Y_{ij} = \mu + t + \epsilon$$

**Fuente:** Vicéns, Herrarte, & Medina, 2005

Donde:

Y=Es la variable objeto de estudio.

$\mu$ = Es una constante indica la respuesta media de todos los niveles.

t= Recoge la importancia de cada tratamiento y eso el objetivo del análisis.

$\epsilon$ = Es un término de error, considerado como variable aleatoria.

- **Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)**

Software de IBM (International Business Machines), creado para adquirir datos de casi cualquier tipo de archivo de este modo utilizarlo para generar informes tubulares, gráficos y diagramas de distribuciones y tendencias, análisis estadísticos complejos y estadísticos descriptivos.

### 1.1.3.8. Definición de términos básicos

#### A. Concreto:

Piedra artificial formada por el endurecimiento de la mezcla de cemento con agregados o áridos, agua y en ocasiones también con aditivos (Sánchez, 2001).

Mezcla de cemento, agregados, agua y aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente denota una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes.

#### B. Cemento:

Es un material de construcción compuesto de una sustancia en polvo que se endurece en contacto con el agua. El cemento que se utilizó en esta investigación para elaborar probetas de concreto fue el cemento Pacasmayo Tipo I.

#### C. Resistencia a la Compresión:

La resistencia a compresión es la resistencia máxima que presenta una muestra de concreto frente a una carga de compresión axial y se expresa como la fuerza por unidad de área de sección transversal (American Concrete Institute, 2013).

La resistencia a la compresión es el esfuerzo máximo donde el área (cm<sup>2</sup>) de la probeta cilíndrica soportará una carga axial (kg) a una velocidad que este dentro de un rango determinado hasta que la probeta falle.

#### **D. Relave Minero:**

Son los residuos resultantes del proceso de recuperación selectivo de ciertos minerales. Está compuesto por material sólido de tamaño muy pequeño, incluso menor al de la arena, y agua formando un compuesto similar al lodo.

#### **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la influencia de los porcentajes del relave minero en la resistencia a la compresión en bloques de concreto ensamblables, Trujillo 2019?

#### **1.3. Justificación**

El presente proyecto está orientado a proporcionar nuevas alternativas para afrontar los problemas que generalmente se presentan en las estructuras, como son el deterioro y fallas en el concreto; por lo que se busca mejorar la resistencia de este y brindar edificaciones con mayor durabilidad; asimismo, reducir la contaminación que genera el material que evaluaremos, por lo cual, beneficiará a toda la población en el sector construcción.

Este proyecto se realiza con el propósito de investigar y dar a conocer si es factible usar cierto porcentaje de relave minero como nuevo material para la elaboración del concreto, buscando que este resulte ser beneficioso en cuanto a la resistencia. Con los antecedentes investigados existe la probabilidad de que el relave minero puede ser beneficioso en el concreto, mejorando sus resistencias a compresión utilizándolo como agregado fino.

En este estudio se evaluará la influencia del relave minero, con el fin de investigar si puede mejorar la resistencia del concreto para utilizarlo como un componente de este, usando el relave como material adicionado para la elaboración del concreto.

Este estudio se centra en solucionar problemas dentro del área de construcción, específicamente del material muy usado en la actualidad, que es el concreto. También busca reducir en alguna manera la contaminación, por lo que se propone usar un material que es desechado y reutilizarlo en el concreto; ya que estos se encuentran en la intemperie del ecosistema, generando malestares en la salud de los seres vivos.

Por último, la presente investigación contribuirá como base para futuras investigaciones, que tendrán objetivos parecidos o iguales, la cual les servirá para fortalecer sus investigaciones. Por tanto, la investigación puede ser reajustada o mejorada según crea conveniente para el investigador.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de los porcentajes de los relaves mineros en la resistencia a la compresión en bloques de concreto tipo ensamblables, Trujillo 2019.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Analizar las propiedades físicas del relave minero en función al agregado fino (Contenido de Humedad, Granulometría por Tamizado, Peso Unitario Suelto y Compactado, Peso Específico y Absorción).
- Analizar las propiedades químicas del relave minero.
- Determinar la proporción de relave minero óptima en la dosificación de mezcla para la elaboración de bloques de concreto tipo ensamblable.
- Determinar las propiedades mecánicas (compresión) de los bloques de concreto tipo ensamblables con adición de relave minero.
- Realizar la comparación de bloques de concreto ensamblables patrón y bloque de concreto con adición de relave minero.



- Determinar la densidad y absorción de los bloques de concreto tipo ensamblables.

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. Hipótesis general

Con la utilización de relaves mineros en el diseño de mezcla de concreto  $F'c= 150$   $\text{kg/cm}^2$ , en porcentaje con respecto al peso del agregado fino, aumenta la resistencia a la compresión y condiciones del concreto normal, lo cual permite disminuir la cantidad de fisuras y aumento de la calidad. De acuerdo al diseño de mezcla propuesto utilizando el Cemento Portland Tipo 1 en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte – sede San Isidro de la ciudad de Trujillo, Departamento de La Libertad.

**Tabla 15**

*Hipótesis General*

Hipótesis General	Componentes Metodológicos		Componentes Referenciales		
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
Con la utilización de relaves mineros en el diseño de mezcla de concreto $F'c= 150$ $\text{kg/cm}^2$ , en porcentaje con respecto al peso del agregado fino, aumenta la resistencia a la compresión y condiciones del concreto normal, lo cual permite disminuir la cantidad de fisuras y aumento de la calidad.	Relaves mineros  Resistencia a la Compresión y condiciones	Probetas de concreto	Aumenta	La ciudad de Trujillo	Año 2019

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 1.5.2. Hipótesis específicas

La adición de relave minero con respecto al peso del agregado fino, es óptima para la dosificación de mezcla de bloques de concreto tipo ensamblables con un  $f'c = 150$  kg/cm<sup>2</sup>. (Ver Tablas 16, 17, 18, 19, 20 y 21).

**Tabla 16**

*Hipótesis Específica 01*

<b>Hipótesis General</b>	<b>Componentes Metodológicos</b>			<b>Componentes Referenciales</b>	
La adición de relave minero en un 46% con respecto al peso del agregado fino, es óptima para la dosificación de mezcla de bloques de concreto tipo ensamblables con un $f'c = 150$ kg/cm <sup>2</sup> .	<b>Variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Conectores lógicos</b>	<b>El espacio</b>	<b>El tiempo</b>
	Relaves mineros	Probetas de concreto	Óptima	La ciudad de Trujillo	Año 2019
	Resistencia a la Compresión y condiciones				

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 17**

*Hipótesis Específica 02*

<b>Hipótesis General</b>	<b>Componentes Metodológicos</b>			<b>Componentes Referenciales</b>	
La adición de relave minero en un 48% con respecto al peso del agregado fino, es óptima para la dosificación de mezcla de	<b>Variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Conectores lógicos</b>	<b>El espacio</b>	<b>El tiempo</b>
	Relaves mineros	Probetas de concreto	Óptima	La ciudad de Trujillo	Año 2019

bloques de  
concreto tipo  
ensamblables  
con un  $f'c= 150$   
kg/cm<sup>2</sup>. Resistencia  
a la  
Compresión  
y  
condiciones

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 18**

*Hipótesis Específica 03*

<b>Hipótesis General</b>	<b>Componentes Metodológicos</b>			<b>Componentes Referenciales</b>	
La adición de relave minero en un 50% con respecto al peso del agregado fino, es óptima para la dosificación de mezcla de bloques de concreto tipo ensamblables con un $f'c= 150$ kg/cm <sup>2</sup> .	<b>Variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Conectores lógicos</b>	<b>El espacio</b>	<b>El tiempo</b>
	Relaves mineros	Probetas de concreto	Óptima	La ciudad de Trujillo	Año 2019
	Resistencia a la Compresión y condiciones				

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 19**

*Hipótesis Específica 04*

<b>Hipótesis General</b>	<b>Componentes Metodológicos</b>			<b>Componentes Referenciales</b>	
La adición de relave minero en un 52% con respecto al peso del agregado fino, es óptima para la dosificación de mezcla de bloques de concreto tipo ensamblables con un $f'c= 150$ kg/cm <sup>2</sup> .	<b>Variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Conectores lógicos</b>	<b>El espacio</b>	<b>El tiempo</b>
	Relaves mineros	Probetas de concreto	Óptima	La ciudad de Trujillo	Año 2019
	Resistencia a la Compresión y condiciones				

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 20**

*Hipótesis Específica 05*

<b>Hipótesis General</b>	<b>Componentes Metodológicos</b>			<b>Componentes Referenciales</b>	
La adición de relave minero en un 54% con respecto al peso del agregado fino, es óptima para la dosificación de mezcla de bloques de concreto tipo ensamblables con un $f'c= 150$ kg/cm <sup>2</sup> .	<b>Variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Conectores lógicos</b>	<b>El espacio</b>	<b>El tiempo</b>
	Relaves mineros	Probetas de concreto	Óptima	La ciudad de Trujillo	Año 2019
	Resistencia a la Compresión y condiciones				

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 21**

*Hipótesis Específica 06*

<b>Hipótesis General</b>	<b>Componentes Metodológicos</b>			<b>Componentes Referenciales</b>	
La adición de relave minero en un 56% con respecto al peso del agregado fino, es óptima para la dosificación de mezcla de bloques de concreto tipo ensamblables con un $f'c= 150$ kg/cm <sup>2</sup> .	<b>Variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Conectores lógicos</b>	<b>El espacio</b>	<b>El tiempo</b>
	Relaves mineros	Probetas de concreto	Óptima	La ciudad de Trujillo	Año 2019
	Resistencia a la Compresión y condiciones				

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

#### 2.1.1. Operacionalización de variables

- **Variable dependiente:** Resistencia a la compresión

Tabla 22

*Operacionalización de variable*

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
<b>Resistencia a compresión del concreto</b>	La resistencia a compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos a compresión. Se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga (NRMCA, 2003).	Se elaboró bloques de concreto ensamblables con adición de relaves mineros como sustitución porcentual del agregado fino en el laboratorio de la Universidad, en Trujillo - La Libertad.	Resistencia a compresión	Carga máxima	Kgf
				Área de sección transversal	Cm <sup>2</sup>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

#### 2.1.2. Diseño de investigación

La presente investigación será de diseño experimental, porque se manipulará de manera intencional los porcentajes de relaves mineros para analizar las consecuencias sobre la resistencia a la compresión, según nuestra investigación se basará en la adición

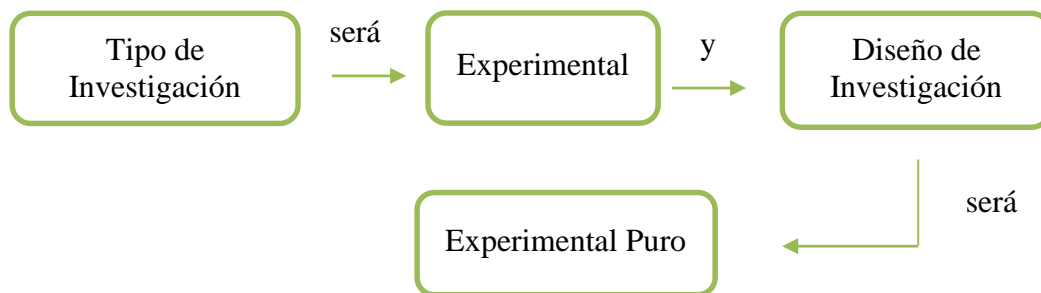
de porcentajes de relaves mineros para modificar la resistencia a la compresión en bloques de concreto ensamblable en la ciudad de Trujillo.

Y que esto nos puede permitir aceptar o no la hipótesis planteada, para lo cual es necesario poder contar con un método de investigación lógico y alineado a la estructura investigativa.

El diseño de investigación será experimental, del tipo experimental puro, porque existirá un control, repetición y aleatoriedad, ya que se puede controlar y limitar la cantidad o porcentaje de los relaves mineros a los bloques de concreto ensamblable que se empleará para determinar sus propiedades mecánicas de éste en la ciudad de Trujillo. Asimismo, escoger aleatoriamente la cantidad de probetas que se utilizará para el desarrollo experimental de la investigación. Y del mismo modo, escoger las repeticiones que se necesitarán para comparar los bloques de concreto convencional con los adicionados con los porcentajes de relaves mineros.

**Figura 3**

*Diseño de investigación*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

## 2.2. Población y muestra

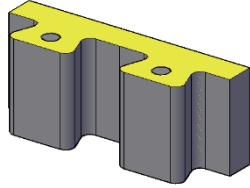
### 2.2.1. Unidad de estudio

La unidad de estudio de la cual se realizará los ensayos que se van a elaborar son bloques de concreto ensamblable, cuyas dimensiones fueron consideradas en función

a las dimensiones de bloques de concreto según la NTP 399.602, (2017). Elaborado con agregado grueso, agregado fino, agua, cemento Pacasmayo Tipo I y porcentaje de relave minero. A continuación, se muestran las dimensiones del molde en distintas vistas.

**Tabla 23**

*Características del bloque de concreto ensamblable*

Ensayos	Norma de Referencia	Unidad de Estudio
Resistencia a la compresión	NTP 399.602:2017	

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 2.2.2. Población

En esta investigación, la población son todos los bloques de concreto ensamblables que serán ensayados a la resistencia a la compresión, la cual se le adicionará un porcentaje de relave minero como sustituto del agregado fino para un concreto de 150 kg/cm<sup>2</sup> realizadas en el laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte, en la ciudad de Trujillo, 2019.

### 2.2.3. Muestra

La presente investigación empleó la técnica de muestreo probabilístico porque el proceso de selección de los elementos de la muestra será por medios estadísticos utilizando concretos de resistencia  $f^c = 150 \text{ kg/cm}^2$ , donde se variará porcentaje de relave minero.

Para hallar el tamaño de muestra de nuestra investigación, se ha tomado la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que nuestra variable es cuantitativa:

**Ecuación 19: Muestra**

$$n = \frac{(z^2 * \sigma^2)}{E^2}$$

**Fuente:** Manual de Estadística UPN, 2014

Donde:

- n= Tamaño de la muestra.
- z= Es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza fijado por el investigador.
- $\sigma$  = Desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador. Obtenida por estudios anteriores, muestra piloto, criterio de experto o distribución de la variable de interés.
- E= Porcentaje del estimador o en absoluto (unidades). Fijada por el investigador.

Según los datos encontrados en la tesis titulada: “Utilización del Relave Minero para la Elaboración de Bloques de Concreto Tipo Ensamblable” (ROJAS & VENTURA, 2017), tenemos los siguientes resultados:

**Tabla 24**

*Resultados de probetas patrón*

	147.19
<b>RESULTADOS</b>	150.53
	144.41
	132.93
	136.94
	153.3
	144.5
	<b>7.207</b>
<b>σ</b>	
<b>PROMEDIO</b>	<b>144.257</b>

**Fuente:** Rojas & Ventura, 2017

Para obtener el Valor de Z, se recurre a la siguiente tabla:



**Tabla 25**

*Valores de la Distribución Normal Estandarizada*

<b>Valores de la Distribución normal Estandarizada</b>			
<b>ERROR (Tipo I): Puede ser unilateral o bilateral</b>			
<b>Nivel de Confianza (1-<math>\alpha</math>)</b>	<b>Error (<math>\alpha</math>)</b>	<b>Valor Z</b>	
		<b>Bilateral</b>	<b>Unilateral</b>
<b>90%</b>	0.10	1.64	1.28
<b>95%</b>	0.05	1.96	1.64
<b>99%</b>	0.01	2.57	2.32
<b>ERROR (Tipo II): Siempre es unilateral</b>			
<b>Poder (1- <math>\beta</math>)</b>	<b>Error (<math>\beta</math>)</b>	<b>Valor Z</b>	
<b>0.80</b>	0.20	0.842	
<b>0.90</b>	0.10	1.282	
<b>0.95</b>	0.05	1.645	
<b>0.99</b>	0.01	2.326	

**Fuente:** Rojas & Ventura, 2017

Para obtener el Valor de E, se consideró en 3.5% (E=0.035).

$z = 1.96$  (95%)

$E = 5.049$  (3.5%)

Reemplazando los valores en la fórmula, se obtiene como tamaño de muestra:

$$n = \frac{(1.96^2 * 7.207^2)}{5.049^2}$$

$$n = 7.8 \approx 8$$

Para resultados más efectivos se consideró realizar 10 probetas por cada porcentaje de relave minero, es decir; N=10.

## 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 2.3.1. Técnicas de recolección de datos

En este proyecto de investigación se usará la observación y el análisis realizado a los datos obtenidos en la experimentación en laboratorio como técnica de la recolección de datos, permitiendo reconocer los efectos que produce el relave minero en las propiedades del concreto, además de analizar las resistencias máximas encontradas en los bloques de concreto ensamblable convencional y con adición de relave minero, considerando el cumplimiento de las normativas NTP en los ensayos a realizar. Esta

técnica es muy usual en los proyectos de investigación ya que permite visualizar de manera más clara y detallada lo que está sucediendo en un determinado espacio y tiempo. Con la cual se apreció las principales características que presentará las probetas de concreto al momento de ser elaboradas en los ensayos de las propiedades mecánicas.

### **2.3.2. Instrumento de recolección de datos**

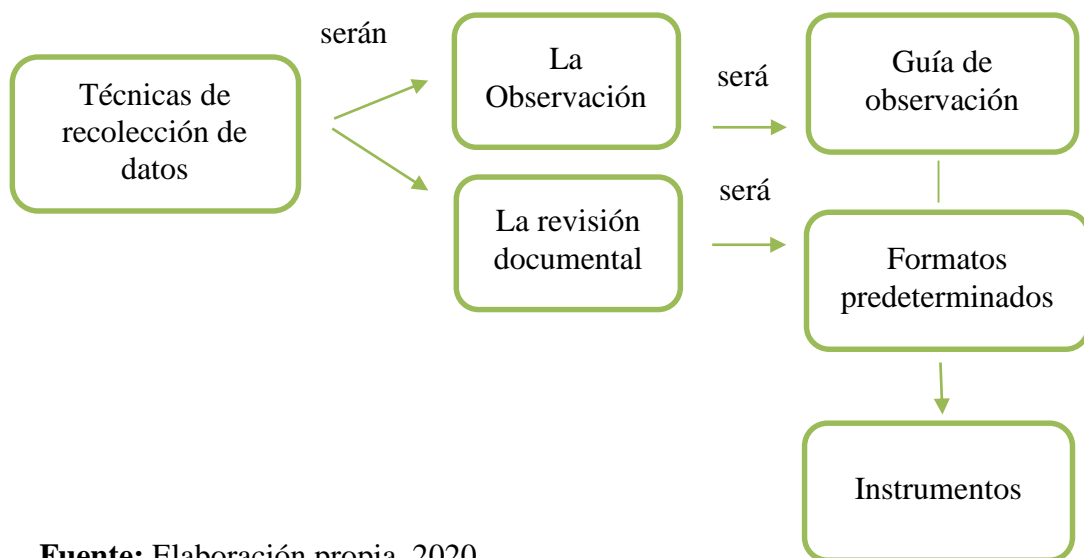
En esta investigación se utilizará como instrumento de recolección de datos una ficha de observación, porque en esta se anotarán las cargas máximas de cada bloque de concreto con diferentes porcentajes de relave minero. Además, permitirá recolectar los datos, describir detalladamente los problemas y características que sucedan en las pruebas a realizar, nos ayudará a visualizar mejor su comportamiento que se den en los procedimientos de los ensayos a realizar, mediante los diferentes formatos para cada tipo de ensayo. Esta guía fue validada por el ingeniero Wiston Henry Azañedo Medina con colegiatura N°107619, especialista en Tecnología del Concreto. Además de que se revisaron normas técnicas que facilitaron un adecuado desarrollo de la investigación.

- Formato para ensayo de contenido de humedad de agregados (NTP 339.185:2013)
- Formato para ensayo granulométrico de agregados (NTP 400.012:2013)
- Formato para ensayo de peso unitario suelto y compactado de los agregados (NTP 400.017:2011)
- Formato para ensayo de peso específico y absorción de agregados fino (NTP 400.022:2013)
- Formato para ensayo de peso específico y absorción de agregados grueso (NTP 400.021:2002)

- Diseño de mezcla de concreto con el método ACI del comité 211.
- Formato para anotar la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas (NTP 339.034:2015)
- Formato para los métodos de muestres y ensayo de unidades de albañilería de concreto (NTP 399.604:2002)

**Figura 4**

*Instrumentos de recolección de datos*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 2.3.3. Métodos para análisis de datos

En la presente investigación para el análisis estadístico se utilizará el método de inferencia estadística, porque se empleó un diseño experimental, además es la que nos permite inducir, a partir de la información empírica proporcionada por una muestra, con un error medible.

### 2.3.4. Instrumento para análisis de datos

La prueba estadística a utilizarse según el tipo de variables es ANOVA, ya que nos ayudará a analizar las diferencias entre las seis poblaciones de muestras independientes. Para ver la normalidad de los datos se aplicará la prueba de Shapiro –

Wilk ya que generalmente es usado para muestras pequeñas ( $n < 30$ ), para comprobar si cumple con el criterio de Normalidad. De ella nos resultan datos normales para lo cual se utilizarán pruebas paramétricas como el T- Student, U de Mann Withney y HSD Tukey para ver la homogeneidad de las varianzas. Se utilizará para ello el software IBM SPSS STATISTIC para validar la hipótesis.

Para hacer la prueba de Hipótesis se considerará:

- Hipótesis Nula ( $H_0$ ): Indica que existe igualdad o no hay diferencia significativa entre los valores de los resultados a comparar.
- Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ): Indica que no existe igualdad o diferencia significativa entre los valores de los resultados a comprar.

Para poder realizar este análisis los resultados de cada porcentaje se compararán entre sí.

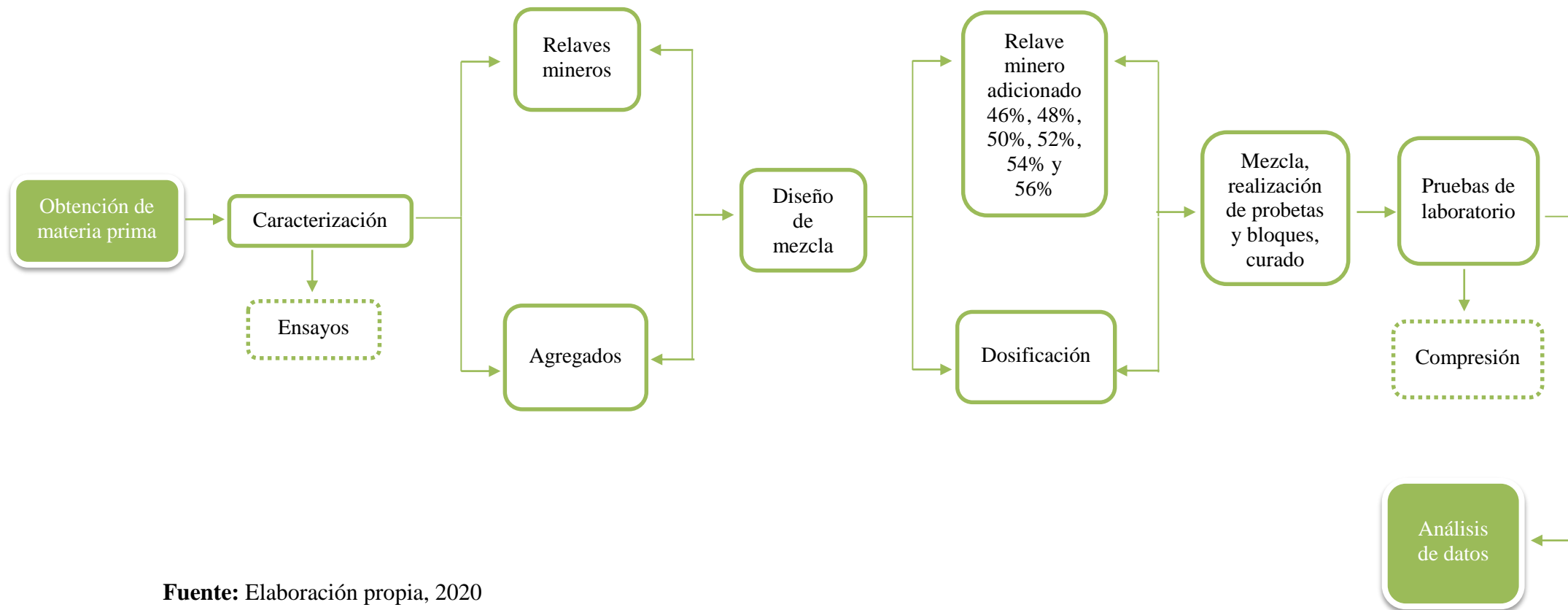
Se utilizará el software Microsoft Excel para el procesamiento de los datos realizados en los ensayos.

## 2.4. Procedimiento

### 2.4.1. Procedimiento de recolección de datos

*Figura 5*

*Procedimiento de recolección de datos*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

## 2.4.2. Obtención y caracterización de materiales

### 2.4.2.1. Obtención de materiales

#### A. Cemento:

En la investigación se utilizó el cemento Portland Tipo I de la empresa Pacasmayo la cual se adquirió de una ferretería ubicada en la Urbanización San Isidro. Este cemento viene presentado en bolsas de 42.5 Kg. El cual es un cemento de uso general que no requiere propiedades especiales.

#### *Figura 6*

*Presentación del Cemento Pacasmayo Extra Forte*



**Fuente:** Sodimac, 2020

#### B. Agregados:

En esta investigación se utilizó el agregado fino y grueso en estado natural de la cantera San Martín S.A., la cual nos proporcionó la cantidad necesaria para realizar los ensayos, 20 kg de cada material aproximadamente. Las cuales fueron estudiadas en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del norte, para determinar su caracterización.

### **C. Agua:**

Se utilizó agua potable de acuerdo a los requerimientos de la NTP 339.088. (Tabla 6).

### **D. Relave Minero:**

El relave minero fue extraído de la Minera Quiruvilca, en el Distrito de Quiruvilca, Provincia de Santiago de Chuco, Departamento de La Libertad, aproximadamente a 130 km de la ciudad de Trujillo, Región La Libertad ( $8^{\circ}1'27.13''S$   $78^{\circ}18'39.39''O$  UTM) y se encuentra a una altura de 3900 m s. n. m. (metros sobre el nivel del mar). Del cual se recogió 20 kg aproximadamente de material para realizar los ensayos correspondientes. Asimismo, se investigó sobre los ensayos químicos que se necesitara para tener conocimiento de los componentes que posee el relave y si puede o no afectar al objetivo de la presente investigación. El relave minero fue llevado al Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte para su análisis físico y al Laboratorio G&S Laboratory SRL para su análisis químico, además de su almacenamiento y conservación.

### ***Figura 7***

*Ubicación de la zona para la extracción de muestra*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### **Figura 8**

#### *Relavera de extracción*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

#### **2.4.2.2. Caracterización de los materiales**

Los ensayos de caracterización de materiales tanto fino como grueso y relave minero (tranque de relave) se realizaron en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte.

##### **2.4.2.2.1. Agregados**

###### **A. Contenido de Humedad del agregado fino y grueso (NTP 339.185:2013):**

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 339.185:2013 “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”. Establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método.



- **Materiales**

- Se consideró una muestra representativa del agregado tanto fino como grueso de la cantera con una masa no menor de la cantidad indicada en la Tabla 26 de la NTP 339.185:2013.
- Se utilizó 2000 g de agregado grueso (piedra de 3/8”).
- Se utilizó 1000 g de agregado fino (Arena Gruesa).

**Tabla 26**

*Cantidad mínima de agregado para el contenido de humedad*

<b>Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)</b>	<b>Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg</b>
<b>4,75 (0.187) (N° 04)</b>	0,5
<b>9,5 (3/8)</b>	1,5
<b>12,5 (1/2)</b>	2,0
<b>19,0 (3/4)</b>	3,0
<b>5,0 (1)</b>	4,0
<b>37,5 (1 1/2)</b>	6,0
<b>50,0 (2)</b>	8,0
<b>63,0 (2 1/2)</b>	10,0
<b>75,0 (3)</b>	13,0
<b>90,0 (3 1/2)</b>	16,0
<b>100,0 (4)</b>	25,0
<b>150,0 (6)</b>	50,0

**Fuente:** NTP 339.185:2013

- **Equipos**

- Balanza electrónica: con aproximación de 0,1 g ó 0,1 % de la masa de la muestra.
- Horno: de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5°C.
- Recipiente de metal u otro material que no sea afectado por el calor y con suficiente capacidad para contener la muestra sin peligro de derramarse.
- Cucharas o espátulas de metal de tamaño conveniente.

- **Procedimiento**

- Se utilizó tres muestras para el agregado fino y también para el agregado grueso. La masa mínima que se determinó para el ensayo fue de 1000 g para el agregado fino y de 2000 g para el agregado grueso; estas muestras fueron puestas en recipientes metálicos codificados.
- Se pesó recipientes conjuntamente con el agregado en la balanza con una aproximación de 0,1 g.
- Se colocó en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas para poder eliminar la humedad.
- Una vez seca la muestra se pesó y se tomó apunte de los pesos finales para cada recipiente.
- Se procede a realizar los cálculos con la fórmula que establece la norma.

- **Cálculo**

- Para determinar el contenido de humedad se procederá a utilizar la siguiente fórmula:

*Ecuación 20: Contenido de Humedad*

$$P = \frac{W - D}{D} \times 100$$

**Fuente:** NTP 339.185:2013

Donde:

P= Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje (%).

W= Masa de la muestra húmeda original en gramos.

D= Masa de la muestra seca en gramos.

### B. Análisis Granulométrico del agregado fino y grueso (NTP 400.012):

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 400.012 “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”.

Es considerado como uno de los ensayos más importantes en la caracterización de los agregados. Mediante este ensayo se determina el módulo de finura (Mf) del agregado fino, el tamaño máximo (TM) y el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso, mediante el tamizado.

Los agregados que se usaron en la presente investigación son de la cantera San Martín S.A. (Agregado fino y grueso).

- **Materiales**

- **Agregado fino:** Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.012) la cantidad mínima a utilizarse para este ensayo es de 300 g.

- **Agregado grueso:** Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.012) la cantidad mínima de agregado grueso se muestra en la Tabla 27.

**Tabla 27**

*Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global*

<b>Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)</b>	<b>Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)</b>
<b>9,5 (3/8)</b>	1 (2)
<b>12,5 (1/2)</b>	2 (4)
<b>19,0 (3/4)</b>	5 (11)
<b>25,0 (1)</b>	10 (22)
<b>37,5 (1 1/2)</b>	15 (33)
<b>50 (2)</b>	20 (44)
<b>63 (2 1/2)</b>	35 (77)
<b>75 (3)</b>	60 (130)
<b>90 (3 1/2)</b>	100 (220)
<b>100 (4)</b>	150 (330)
<b>125 (5)</b>	300 (660)

**Fuente:** NTP 400.012

- Los tamices empleados en el ensayo de granulometría del agregado fino son tomados de acuerdo a la NTP 400.012, la cual menciona los tamices que se deben utilizar para calcular el módulo de fineza, que se muestra en la Tabla 28.

**Tabla 28**

*Tamices empleados en la granulometría del agregado fino*

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>
<b>3/8"</b>	9.500
<b>N° 4</b>	4.750
<b>N° 8</b>	2.360
<b>N° 16</b>	1.180
<b>N° 30</b>	0.600
<b>N° 50</b>	0.300
<b>N° 100</b>	0.150

**Fuente:** NTP 400.012

- Los tamices empleados en el ensayo de granulometría del agregado grueso son tomados de a criterio, o sea, dependiendo del tamaño de agregado grueso que se compró (3/8") y teniendo como HUSO el N°08. Ver Tabla 29.

**Tabla 29**

*Tamices empleados en la granulometría del agregado grueso*

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>
<b>3/4"</b>	19.000
<b>1/2"</b>	12.500
<b>3/8"</b>	9.500
<b>N° 4</b>	4.750
<b>N° 8</b>	2.360
<b>N° 16</b>	1.180

**Fuente:** NTP 400.012

- **Equipos**

- Balanza electrónica: con aproximación de 0,1 g ó 0,1 % de la masa de la muestra.
- Horno: de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5°C.
- Tamices Forney de bronce: cumplirán con la NTP 350.001.

- **Procedimiento**

- Se seleccionó la muestra por el método de cuarteo como indica la NTP 400.043:2015, el cual consiste en colocar la muestra sobre una superficie dura, limpia y nivelada; y con la ayuda de una cuchara metálica formar un cono con este material y luego dividir en cuatro partes iguales. Finalmente, se retira de forma diagonal dos cuartos de la masa; se repite el proceso hasta que la muestra sea reducida al tamaño deseado.
- Una vez conseguida la muestra deseada, se secó la muestra a peso constante a una temperatura de 110 ± 5°C.
- Luego se pesó una muestra de 1500 g para agregado fino y para agregado grueso 2500 g.
- Se seleccionó los tamices adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar.
- Se efectuó la operación de tamizado manual durante un tiempo adecuado.
- Se verificó la eficiencia del tamizado de acuerdo a la norma NTP 400.012:2013.
- Se pesó el material retenido en cada tamiz.
- La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz, la cantidad no debe diferir en más de 0.3%.

- Se anotó los datos obtenidos, calculándose el porcentaje retenido, retenido acumulado y el porcentaje que pasa y así determinar el módulo de finura del agregado fino.

- **Cálculo**

- Se calculó el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos sobre cada tamiz, con aproximación al 0.1%.

- Para hallar el módulo de fineza se obtuvo la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los siguientes tamices: N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8", 3/4", luego se dividió entre 100; la fórmula que la describe es:

*Ecuación 21: Módulo de Fineza*

$$MF = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulado en las mallas } 3/8", N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

**Fuente:** NTP 400.012

- Se determinó el TN y TMN del agregado grueso.

**C. Peso Unitario Suelto y Compactado del agregado fino y grueso (NTP 400.017:2011):**

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 400.017:2011 “Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados”.

Este método de ensayo cubre la determinación del peso unitario seco suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos basados en la misma determinación.

- **Materiales**

- La muestra de ensayo fue de aproximadamente 125% a 20% de la cantidad requerida para llenar la medida y será de manipulada evitando su segregación. Secar el agregado a peso constante en un horno preferiblemente a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

- **Equipos**

- Balanza: Una balanza con aproximación a 0.05 kg y que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.

- Barra compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en una punta semiesférica.

- Recipientes de medida: Cilíndricos, metálicos, preferiblemente con asas, estancos con tapa y fondos firmes y parejos, con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígidas para mantener su forma en condiciones severas de uso. Los recipientes tendrán una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso la altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso la altura será menor al 80% ni mayor que 150% del diámetro. La capacidad dependerá del tamaño del agregado de acuerdo con los límites establecidos en la Tabla 30.

**Tabla 30**

*Capacidad de la medida*

T nominal máx. del agregado		Capacidad del recipiente	
Mm	pulg	m <sup>3</sup>	p <sup>3</sup>
12,5	1/2	0,0028 (2,8)	1/10
25,0	1	0,0093 (9,3)	1/3
37,5	1 1/2	0,0140 (14)	1/2
75	3	0,0280 (28)	1
100	4	0,0700 (70)	2 1/2
125	5	0,1000 (100)	3 1/2

**Fuente:** NTP 400.017:2011

- Pala de mano: Una pala o cucharón de suficiente capacidad para llenar el recipiente con el agregado.

- **Procedimiento**

- ✓ **Calibración del recipiente**

- Se llena la medida con agua y se cubre con la placa de vidrio para eliminar las burbujas y agua en exceso.

- Luego se pesó el recipiente con el agua.

- Se midió la temperatura del agua y se determinó la densidad como se muestra en la Tabla 31.

**Tabla 31**

*Densidad del agua respecto a su temperatura*

Temperatura		kg/m <sup>3</sup>	lb/p <sup>3</sup>
° C	° F		
<b>15,6</b>	60	999,01	62,366
<b>18,3</b>	65	998,54	62,336
<b>21,1</b>	70	997,97	62,301
<b>23,0</b>	73.4	997,54	62,274
<b>23,9</b>	75	997,32	62,261
<b>26,7</b>	80	996,59	62,216
<b>29,4</b>	85	995,83	62,166

**Fuente:** NTP 400.017:2011

- Se determina la densidad.

- Se calcula el volumen de la medida, que es el cociente del peso del agua requerida para llenar por completo la medida sobre su densidad.

- ✓ **Determinación del peso compactado del agregado grueso y fino (Procedimiento de apisonado)**

- Se llena la tercera parte del recipiente de medida y se nivela la superficie con la mano. Se apisona la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes



distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes. Finalmente, se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora, el agregado sobrante se elimina utilizando la barra compactadora como regla.

- Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso recipiente sólo y se registra los pesos con una aproximación de 0.05 kg (0.1 lb). El mismo procedimiento se repite tres veces para determinar un promedio.

✓ **Determinación del peso suelto del agregado grueso y fino**

- Se pesó el recipiente cilíndrico.

- El recipiente de medida se llenó con una pala o cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se eliminó con una barra compactadora.

- Se pesó el recipiente cilíndrico más el agregado (grueso y fino) y se registraron.

- El mismo procedimiento se repite tres veces, para determinar un promedio.

• **Cálculo**

- Para calcular el peso unitario suelto o compactado de los agregados se utilizó la siguiente fórmula:

**Ecuación 22: Peso Unitario**

$$M = \frac{G - T}{V}$$

**Fuente:** NTP 400.017:2011

Donde:

M= Densidad de masa del agregado en kg/m<sup>3</sup>

G= Peso del recipiente de medida más el agregado en kg

T= Masa del recipiente de medida en kg

V= Volumen de la medida en m<sup>3</sup>

#### **D. Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021:2002):**

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 400.021:2002 “Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso”.

Establece un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso. El peso específico saturado con superficie seca y la absorción están basadas en agregados remojados en agua después de 24 horas. Este método de ensayo no es aplicable para agregados ligeros.

- **Materiales**

- La muestra para este ensayo se realizó de acuerdo al tamaño máximo nominal que se muestra en la Tabla 32.

**Tabla 32**

*Peso mínimo de la muestra de ensayo*

<b>Tamaño máximo nominal mm (pulg)</b>	<b>Peso mínimo de la muestra de ensayo kg (lb)</b>
<b>12,5 (1/2) o menos</b>	2 (4,4)
<b>19,0 (3/4)</b>	3 (6,6)
<b>25,0 (1)</b>	4 (8,8)
<b>37,5 (1 1/2)</b>	5 (11)
<b>50 (2)</b>	8 (18)
<b>63 (2 1/2)</b>	12 (26)
<b>75 (3)</b>	18 (40)
<b>90 (3 1/2)</b>	25 (55)
<b>100 (4)</b>	40 (88)
<b>112 (4 1/2)</b>	50 (110)
<b>125 (5)</b>	75 (165)
<b>150 (6)</b>	125 (276)

**Fuente:** NTP 400.021:2002

- **Equipos**

- Balanza: Sensible a 0.5 g y con capacidad de 5000 gramos o más. La balanza estará equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre en el recipiente con agua desde el centro de la plataforma de pesado.
- Cesta con malla de alambre: Con abertura correspondiente al tamiz N° 6 o abertura menor, también se puede utilizar un recipiente de aproximadamente igual ancho y altura con capacidad de 4 L a 7 L para tamaños máximos nominales de 37,5 mm (1 ½ pulg) o menores, y un cesto más grande como sea necesario para ensayar agregados con tamaños máximos mayores. El cesto deberá ser construido de tal forma de prevenir el aire atrapado cuando esté sumergido.
- Depósito de agua: Un depósito estanco adecuado para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.
- Tamices: Un tamiz normalizado de 4.75 mm (N° 4), para separar agregado grueso de finos.
- Estufa: Una estufa capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

- **Procedimiento**

- Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de  $110 \pm 5$ , ventilar en lugar fresco a temperatura ambiente de 1h a 3h para muestras de ensayo de tamaños máximos nominales de 37.5 mm (1 ½ pulg) o mayores para tamaños más grandes hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto.
- Inmediatamente se sumergió el agregado en agua a temperatura ambiente por un periodo de  $24 \text{ h} \pm 4\text{h}$ .
- Se removió la muestra de agua y se hizo rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las

partículas aún parezca húmeda. Se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.

- Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura entre  $23^{\circ}\text{C} \pm 1.7^{\circ}\text{C}$ .

- Se secó la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  y se deja enfriar hasta la temperatura de ambiente.

- Se anotó todos los pesos con aproximación de 0.5 g.

- **Cálculo**

- Para la obtención de datos se emplearon las siguientes fórmulas:

- ✓ **Peso específico de masa (Pem)**

*Ecuación 23: Peso Específico de Masa*

$$Pem = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

**Fuente:** NTP 400.021:2002

Donde:

Pem= Peso específico de masa

A= Peso de la muestra seca en el aire en gramos

B= Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire en gramos

C= Peso en el agua de la muestra saturada en gramos

- ✓ **Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)**

*Ecuación 24: Peso Específico de masa saturada con superficie seca*

$$PeSSS = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

**Fuente:** NTP 400.021:2002

✓ **Peso específico aparente (Pea)**

*Ecuación 25: Peso Específico Aparente*

$$Pea = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

**Fuente:** NTP 400.021:2002

✓ **Absorción (Ab)**

*Ecuación 26: Absorción*

$$Ab(\%) = \frac{B - A}{A} \times 100$$

**Fuente:** NTP 400.021:2002

**E. Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022:2013):**

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 400.022:2013 “Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”.

Establece un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado fino.

• **Materiales**

- Se utilizó aproximadamente 1000 g de agregado fino, obtenido por el método del cuarteo y secado a peso constante a una temperatura  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

• **Equipos**

- Balanza: Sensible a 0.1 g del peso medido y con capacidad de 1000 g o más.

- Picnómetro: Frasco volumétrico de  $500 \text{ cm}^3$  de capacidad, calibrado hasta  $0.1 \text{ cm}^3$  a  $20^\circ\text{C}$ .

- Molde cónico: Metálico de  $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro en la parte superior,  $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro en la parte inferior, y  $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de altura.

- Barra compactadora: De metal de  $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$  de peso con un extremo de superficie plana circular de  $25 \text{ mm} \pm$  de diámetro.

- Horno y estufa: Una estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

- **Procedimiento**

- ✓ **Preparación de la muestra**

- Se colocó 1000 g de agregado fino, obtenido por el método del cuarteo y secado a eso constante a una temperatura  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

- Se cubrió la muestra con agua y se dejó reposar durante 24 horas.

- Se extendió sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se movió con frecuencia, para garantizar un secado uniforme.

- Se continuó con esta operación entre sí hasta que los granos del agregado no se adhieran marcadamente entre sí.

- Luego se colocó en el molde cónico, se golpeó la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y se levantó el molde verticalmente.

- Si existe humedad libre, el cono de agregado fino mantendrá su forma.

- Se siguió secando revolviendo constantemente y se probó a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde.

- Esto indicó que el agregado fino ha alcanzado una condición de superficie seca.

- ✓ **Procedimiento del ensayo**

- Se introdujo en el picnómetro una muestra de 500 gramos del material preparado, se llenó de agua hasta alcanzar aproximadamente la marca de  $500 \text{ cm}^3$  a una temperatura de  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

- Se eliminó las burbujas de aire rosando (invertir, agitar el frasco durante 15 a 20 minutos y luego dejar reposar); posteriormente pesar el frasco con la muestra.

- Se sacó el agregado fino del frasco y se colocó en el horno de secado por 24 horas.
- Se dejó enfriar a temperatura ambiente y después se pesó el material seco.

- **Cálculo**

- Para la obtención de datos se emplearon las siguientes fórmulas:

- ✓ **Densidad relativa (gravedad específica) (seca al horno)**

*Ecuación 27: Densidad relativa (gravedad específica) (OD) del Agregado Fino*

$$\text{Densidad Relativa (seca al horno)} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

**Fuente:** NTP 400.022:2013

Donde:

A= Masa de la muestra seca al horno en gramos

B= Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración en gramos

C= Masa de picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración en gramos

S= Masa de la muestra de satura superficialmente seca en gramos

- ✓ **Densidad relativa (gravedad específica) saturado superficialmente seca**

*Ecuación 28: Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del Agregado Fino*

$$\text{Densidad Relativa (saturado superficialmente seca)} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

**Fuente:** NTP 400.022:2013

- ✓ **Densidad relativa (gravedad específica aparente)**

*Ecuación 29: Densidad reaviva aparente (gravedad específica aparente) del Agregado Fino*

$$\text{Densidad Relativa (gravedad específica aparente)} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

**Fuente:** NTP 400.022:2013

✓ **Absorción**

*Ecuación 30: Absorción del Agregado Fino*

$$\text{Absorción}(\%) = 100x \left[ \frac{(S - A)}{A} \right]$$

**Fuente:** NTP 400.022:2013

**F. Agregados para concreto. Requisitos (NTP 400.037:2018):**

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 400.037:2018 “Agregados: Agregados para concreto: Requisitos”.

La presente norma establece los requisitos de graduación (granulometría) y calidad de los agregados fino y grueso para uso en hormigón (concreto) de peso normal.

• **Requisitos Obligatorios**

- La granulometría del agregado fino se determinó a lo estipulado en la NTP 400.037:2018 y cumplió con los límites de la Tabla 33.

**Tabla 33**

*Requerimiento de granulometría para agregado fino*

<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje que pasa</b>
<b>9,5 mm (3/8 pulg)</b>	100
<b>4,75 mm (N° 4)</b>	95 a 100
<b>2,36 mm (N° 8)</b>	80 a 100
<b>1,18 mm (N° 16)</b>	50 a 85
<b>600 µm (N° 30)</b>	25 a 60
<b>300 µm (N° 50)</b>	5 a 30
<b>150 µm (N° 100)</b>	0 a 10

**Fuente:** NTP 400.037:2018

- La granulometría del agregado grueso, fue determinada de acuerdo a lo estipulado en la NTP 400.037:2018 y cumplió con la gradación de la Figura 9.



- **Notas**

- Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida.
- El módulo de fineza recomendable estará entre 2.3 y 3.1.

**Figura 9**

*Requisitos granulométricos del agregado grueso*

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (¾ pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	
5	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	
57	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	
6	19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	
67	19,0 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	
7	12,5 mm a 4,75 mm (½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	
8	9,5 mm a 2,36 mm (¾ pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	12,5 mm a 9,5 mm (½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	
9	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	

Fuente: NTP 400.037:2018

#### 2.4.2.2.2. Relave Minero

##### **G. Contenido de Humedad del Relave Minero (NTP 339.185:2013):**

Como se sabe el relave minero son desechos que se encuentran en la intemperie, las cuales tienen presencia de agua, es decir, con cierto grado de humedad, donde es importante determinar ya que con este dato podremos saber si ésta nos aporta o reduce el agua en la mezcla.

El relave minero se puede caracterizar como un agregado fino de acuerdo a la textura que tiene, es por eso que para determinar el contenido de humedad nos basamos en la norma NTP 339.185:2013 para agregados finos.

##### **H. Análisis Granulométrico del Relave Minero (NTP 400.012:2013):**

Para la gradación del relave minero se hizo semejante al de un agregado fino en la cual se utilizaron una serie de tamices que están especificado en la NTP 400.012:2013, a través de estos se seleccionaron los tamaños y por medio de unos procedimientos se halló el módulo de finura del material.

##### **I. Peso Unitario Suelto y Compactado del Relave Minero (NTP 400.017:2011):**

De acuerdo a la investigación el relave minero se usó como agregado fino en el concreto, es así que el peso unitario de este material se determinó con la NTP 400.017:2011 perteneciente al agregado fino.

##### **J. Peso Específico y Absorción del Relave Minero (NTP 400.022:2013):**

El peso específico se refiere a la densidad de las partículas individuales, pudiéndose definir al peso específico como la relación de la densidad de un material a la densidad de agua a una temperatura determinada.

La absorción en cambio es la cantidad de agua que puede penetrar en los poros permeables de los agregados en 24 horas, cuando estos se encuentren sumergidos en agua.

Para proceder con el ensayo se siguió las indicaciones de la NTP 400.022:2013, la cual pertenecen para los agregados y puesto que el relave minero su usó como un agregado nos basamos a esta norma, pero de acuerdo a las indicaciones de para un agregado fino.

### **2.4.3. Elaboración de probetas cilíndricas de Concreto con proporciones de Relave Minero**

#### **2.4.3.1. Diseño de mezcla de concreto mediante el Método ACI 211**

El comité ACI 211 ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple, el cual, basándose en algunas tablas elaboradas mediante ensayos de los agregados, permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica del concreto. Los pasos que se debe de seguir con el método ACI 211 son los siguientes:

- **Selección del Slump:**

Utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco, el cual consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de ser desmoldado. La clase de mezcla de concreto según su asentamiento se presenta en la siguiente Tabla 34.

**Tabla 34**

*Requerimiento de granulometría para agregado fino*

<b>Consistencia</b>	<b>Slump</b>	<b>Trabajabilidad</b>	<b>Método de Compactación</b>
<b>Seca</b>	0" - 2"	Poco	Vibración normal
<b>Plástica</b>	3" - 4"	Bueno	Vibración ligera Chuseado

<b>Fluida</b>	> 5"	Poco	Chuseado
---------------	------	------	----------

**Fuente:** Tecnología del Concreto de Abanto, 2009

**Tabla 35**

*Asentamiento según el tipo de estructuras*

<b>Tipo de Estructura</b>	<b>Slump Máx.</b>	<b>Slump Mín.</b>
<b>Zapatas y muros de cimentación reforzados</b>	3"	1"
<b>Cimentaciones simples y calzaduras</b>	3"	1"
<b>Vigas y muros armados</b>	4"	1"
<b>Columnas</b>	4"	1"
<b>Muros y pavimentos</b>	3"	1"
<b>Concreto Ciclópeo</b>	2"	1"

**Fuente:** Método ACI 211

- **Selección de la Resistencia Media de Dosificación ( $f'_{cr}$ ):**

A partir de la resistencia a la compresión ( $f'_c$ ), la cual para garantizar que el concreto producido o un porcentaje de éste cumplan los requisitos de resistencia, se debe dosificar para una resistencia mayor a la especificada, a esto se le denomina " $f'_{cr}$ " y se debe determinar según la siguiente Tabla 36.

**Tabla 36**

*Resistencia a la compresión requerida*

<b><math>f'_c</math></b>	<b><math>f'_{cr}</math></b>
$f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 < f'_c < 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_c + 84 \text{ kg/cm}^2$
$f'_c > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_c + 98 \text{ kg/cm}^2$

**Fuente:** Método ACI 301

- **Selección del volumen unitario de agua de diseño y cantidad de aire atrapado:**

El volumen unitario de diseño se determinó de acuerdo a la siguiente Tabla 37.

**Tabla 37**

*Requerimientos de agua de mezclado y contenido de aire*

Asentamiento o Slump 1" a 2"    25 a 50		Agua en lt/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados							
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
		<b>Concretos sin aire incorporado</b>							
		207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"    75 a 100		228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"    150 a 175		243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire atrapado, en porcentaje		3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
		<b>Concretos con aire incorporado</b>							
1" a 2"    25 a 50		181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"    75 a 100		202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"    150 a 175		216	205	197	184	174	166	154	-
Promedio recomendado para el contenido total de aire, en porcentaje									
Exposición leve		4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada		6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa		7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

**Fuente:** Método ACI 211

- **Selección de la relación agua cemento:**

La relación agua cemento A/C de diseño se determinó de acuerdo a la resistencia media de dosificación y a su condición de exposición, mostrados en la Tabla 38.

**Tabla 38**

*Relación Agua – Cemento*

<b>Relación Agua - Cemento y Resistencia a la Compresión del Concreto</b>		
<b>Resistencia a la Compresión a los 28 días (f'c) (kg/cm<sup>2</sup>) (Mpa)</b>	<b>Relación Agua - Cemento de Diseño en Peso</b>	
	<b>Concreto sin aire incorporado</b>	<b>Concreto con aire incorporado</b>
<b>450 (45)</b>	0.38	---
<b>400 (40)</b>	0.43	---
<b>350 (35)</b>	0.48	0.40
<b>300 (30)</b>	0.55	0.46
<b>250 (25)</b>	0.62	0.53
<b>200 (20)</b>	0.70	0.61
<b>150 (15)</b>	0.80	0.71

**Fuente:** Método ACI 211

- **Selección de cantidad de agregado grueso por unidad de volumen de concreto:**

**Tabla 39**

*Volumen de agregado grueso*

<b>Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso</b>	<b>Volumen del agregado grueso varillado (compactado) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino Módulo de Finura del Agregado Fino</b>			
	<b>2.40</b>	<b>2.60</b>	<b>2.80</b>	<b>3.00</b>
<b>3/8"</b>	0.5	0.48	0.46	0.44
<b>1/2"</b>	0.59	0.57	0.55	0.53
<b>3/4"</b>	0.66	0.64	0.62	0.60
<b>1"</b>	0.71	0.69	0.67	0.65
<b>1 1/2"</b>	0.75	0.73	0.71	0.69
<b>2"</b>	0.78	0.76	0.74	0.72
<b>3"</b>	0.82	0.80	0.78	0.76
<b>6"</b>	0.87	0.85	0.83	0.81

**Fuente:** Método ACI 211

- Determinación de cantidad de agregado fino por unidad de volumen de concreto.
- Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, aire y agregado grueso.
- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.
- Determinación de peso de diseño.
- Determinación de peso por tanda de una bolsa.

#### **2.4.3.2. Elaboración y curado de especímenes de concreto con Relave Minero**

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 339.033:2015 “HORMIGÓN. Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra”.

Establece el procedimiento para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio bajo un control riguroso de los materiales y las condiciones de ensayo, con hormigones (concretos) que pueden ser consolidados por varillado o vibrado tal como se describe en esta NTP.

- **Aparatos**

- Molde Cilíndrico: Los moldes para vaciar especímenes cumplieron con los requisitos de la NTP 339.209.
- Varillas de compactación: Podrán emplearse dos tamaños de varillas en función del método de ensayo. Estas serán de acero, de sección circular recta y con el extremo del compactado redondeado a una punta semiesférica del mismo diámetro que varilla. Se empleó la varilla de 16 mm (5/8 pulg) de diámetro y aproximadamente 600 mm (24 pulg) de largo.
- Martillo de goma: Pesará  $0.6 \text{ kg} \pm 0.20 \text{ kg}$  ( $1.2 \text{ lb} \pm 0.50 \text{ lb}$ ); podrá usarse también de cuero.



- Herramientas pequeñas: Se deberán proveer herramientas y artículos tales como lampas, baldes, planchas, frotachos de madera, escuadra, cucharas, reglas, guantes de goma y tazones metálicos.
- Cono de Abrams: El cono para medir el asentamiento cumplió con los requerimientos de la NTP 339.035:2009.
- Recipiente de muestreo y mezclado: El recipiente debe de ser de fondo plano, de metal grueso, impermeable, de profundidad conveniente, y de suficiente capacidad para permitir un mezclado fácil de la tanda completa.
- Balanzas: Las balanzas para determinar el peso de las tandas de materiales y hormigón (concreto) tuvo una exactitud del 0.3% de la carga de prueba en cualquier punto del rango de uso.
- Mezcladora de hormigón (concreto): Fue accionada a motor y con un tambor giratorio, mezclador inclinado, siendo capaz de mezclar completamente las tandas.
  - **Especímenes:**
    - Especímenes cilíndricos: Los cilindros para ensayos tales como resistencia a la compresión son de 102 mm por 203mm (4 pulg por 8 pulg).
    - Número de especímenes: Se elaboraron diez (10) especímenes por porcentaje de Relave Minero.
      - **Procedimiento**
        - ✓ **Elaboración de especímenes**
          - Se pesó el agua, el cemento, agregados y el relave minero.
          - Se introdujo el agregado grueso con un poco de agua. Luego se puso en funcionamiento la mezcladora, al cabo de un tiempo se apagó el mezclador para adicionar el agregado fino, el cemento, relave minero y el agua.
          - Se mezcló el concreto durante 3 minutos.

- Luego se vació el concreto en un recipiente plano, rígido y limpio.
- Se determinó el asentamiento del concreto usando el cono de Abraham y una varilla lisa.
- Se llenó los moldes de concreto en 3 capas, varillando cada capa con 25 golpes, luego de cada capa es varillada, se golpeó los lados del molde suavemente de 10 a 15 veces con el martillo de goma.

✓ **Curado de especímenes de concreto**

- Para el curado inicial, después de moldeados y acabados, se almacenan los especímenes por un tiempo de 24 horas como mínimo, protegiéndolos de la luz directa del sol y otros factores que puedan alterar los especímenes.
- Para el curado final, dentro de los 30 minutos luego de remover los moldes, se deben curar usando agua de tanques de almacenamiento o cuarto húmedos.
- Se retiraron los especímenes de concreto a los 28 días de la loza de curado, se transportó a un lugar adecuado para realizar los respectivos ensayos.

○ **Temperatura del agua de curado:**

Las probetas cilíndricas se sumergieron en agua a temperatura de entre 16.0°C a 18.0°C, durante 28 días para cada tratamiento. La temperatura fue controlada mediante el uso de un termómetro, teniendo como resultado lo siguiente:

**Tabla 40**

*Control semanal de temperatura en curado de probetas*

<b>Curado de probetas de todos los tratamientos</b>	
<b>Inicial: 08/08/2019</b>	
<b>Culmina: 05/09/2019</b>	
<b>Semana</b>	<b>Temperatura del agua en grados centígrados (°C)</b>
<b>1era. Semana</b>	16.8°C
<b>2da. Semana</b>	17.0°C
<b>3ra. Semana</b>	16.8°C
<b>4ta. Semana</b>	17.2°C
<b>5ta. Semana</b>	16.9°C

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### **2.4.3.3. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento**

#### **Portland (NTP 339.035:2009)**

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 339.035:2009 “HORMIGÓN (Concreto).

Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland”.

Establece el procedimiento para determinar el asentamiento del concreto.

- **Aparatos**

- Molde: El espécimen de ensayo deberá ser formado en un modelo de metal no atacable por pasta de cemento. El metal deberá tener un espesor mínimo de 1.5 mm y si el molde se ha formado por el proceso de embutido, no debe tener en ningún punto un espesor menor que 1.15 mm. El molde debe tener la forma de la superficie lateral de un tronco de cono, con un diámetro de 200 mm (8 pulgadas), en la base inferior un diámetro superior de 100 mm (4 pulgadas) y una altura de 300 mm (12 pulgadas). La tolerancia de los diámetros y alturas individuales debe estar entre  $\pm 3$  mm de las dimensiones establecidas.

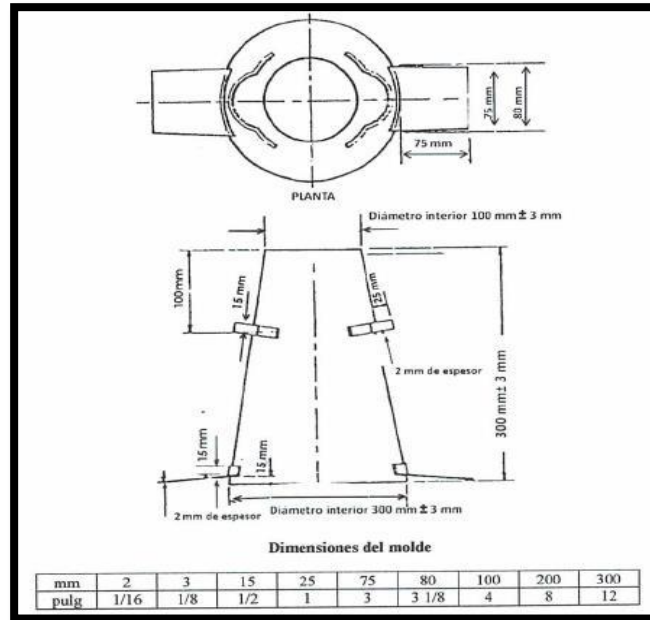
- Barra compactadora: Una barra cilíndrica de acero liso, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, que tiene su extremo de compactación, o ambos, redondeado a una semiesfera con un diámetro de 16 mm.

- Dispositivo de medida: Una regla, cinta métrica de metal o instrumento similar rígido o semirrígido, cuya longitud de medición debe estar marcada en incrementos de 5 mm o menores. La longitud del instrumento debe ser por lo menos de 300 mm.

- Cucharón: De tamaño apropiado y forma adecuada para obtener la cantidad suficiente y representativa de concreto del recipiente que contiene la muestra y colocarla sin derramar en el molde.

**Figura 10**

*Molde para el ensayo de asentamiento*



**Fuente:** NTP 339.035:2009

• **Procedimiento**

- Se humedece el molde.
- Se coloca el molde en una superficie plana, rígida, húmeda y no absorbente.
- Se fija el molde firmemente durante el llenado, para ello se pisa las aletas.
- Se llena el molde vaciando el concreto en tres capas. Cada capa corresponde a la tercera parte del volumen del molde.
- Se coloca el concreto moviendo el cucharón alrededor interno del molde.
- Cada capa de concreto se compacta con 25 golpes, utilizando la barra compactadora.
- Para la capa inferior se compacta en todo su espesor.
- Para las capas superiores se compactan en todo su espesor, de manera que la barra llegue a la capa inmediatamente inferior.
- Se llena el molde por exceso antes de compactar la última capa.

- Se enrasa con la barra compactadora.
- Se elimina el concreto sobrante.
- Se retira cuidadosamente el molde levantándolo, con un movimiento ascendente firme.
- La medida vertical entre la posición inicial y la final, se conoce como el asentamiento del concreto.

#### **2.4.4. Determinación de Resistencia a Compresión de Probetas (NTP 339.034:2015)**

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 339.034:2015 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas”.

Establece el procedimiento a realizarse para calcular la resistencia de especímenes cilíndricos.

- **Materiales**

- Probetas clínicas: Se utilizó 10 probetas para el ensayo de compresión a los 28 días de curado de cada porcentaje de adición de relave minero.

- **Equipos**

- Prensa hidráulica: La máquina será equipada con dos bloques de soporte de acero, uno de los cuales es una rótula con plato que transmitirá la carga a la superficie superior.

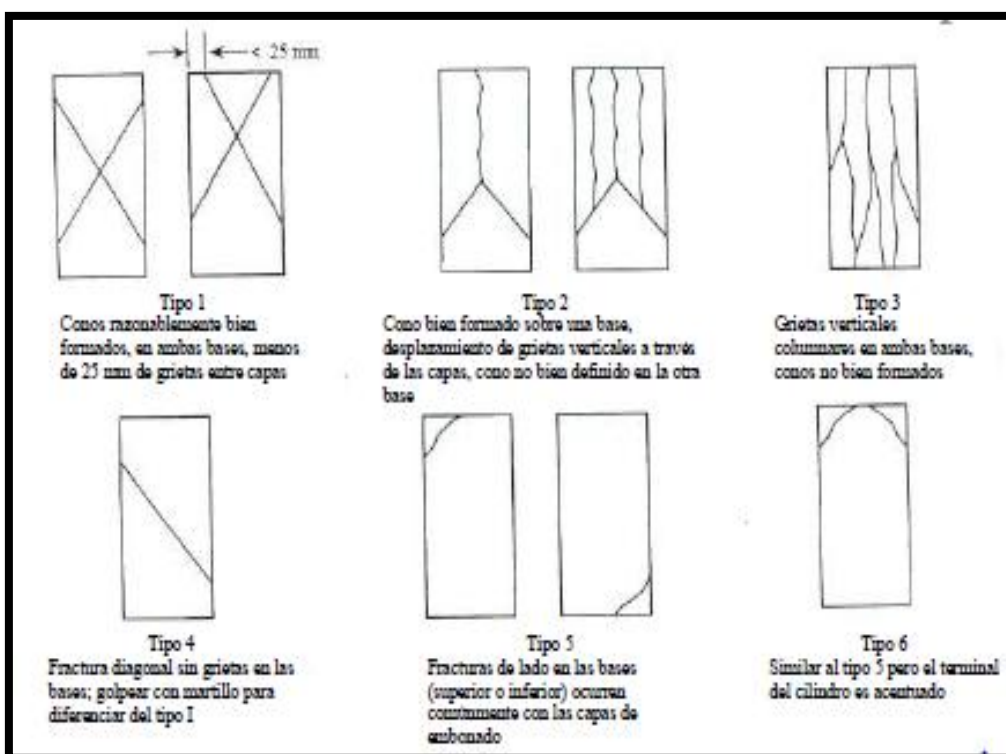
- **Procedimiento**

- Los especímenes se retiraron de la poza de curado, y se ensayaron en la máquina a compresión axial a la edad de 28 días en condición húmeda, para tener un mejor control de la resistencia a la compresión.

- La carga aplicada a una velocidad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s ( $2.5 \pm 0.5$  Kg/cm<sup>2</sup>/s) y se mida la deformación unitaria.
- Se anotaron la carga última máxima.
- Luego se identificaron el tipo de fractura en los testigos según la NTP 339.034:2015.

**Figura 11**

*Esquema de los patrones de tipos de fracturas*



**Fuente:** NTP 339.034:2015

- **Cálculo**

- Para la obtención de datos se empleó la siguiente fórmula:

*Ecuación 31: Resistencia a compresión de probetas cilíndricas.*

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A}$$

**Fuente:** NTP 339.034:2015

Donde:

$\sigma$  = Resistencia a la compresión en kg/cm<sup>2</sup>

Pmax= Carga última de rotura (kg)

A= Área transversal de la sección ensayada (cm<sup>2</sup>)

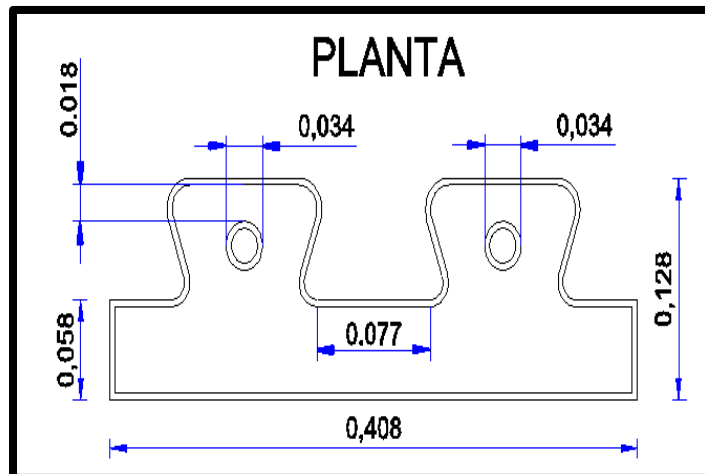
## 2.4.5. Elaboración de Bloques de concreto Tipo Ensamblables

### 2.4.5.1. Elaboración del molde

Los moldes para bloques de concreto generalmente se fabrican de materiales de acero y madera las cuales que por sus características nos brindan resistencia para la elaboración de bloques. En la presente investigación las dimensiones del molde se consideraron en función a las dimensiones de bloques de concreto según la NTP 399.602:2017. Las dimensiones del molde se muestran a continuación:

**Figura 12**

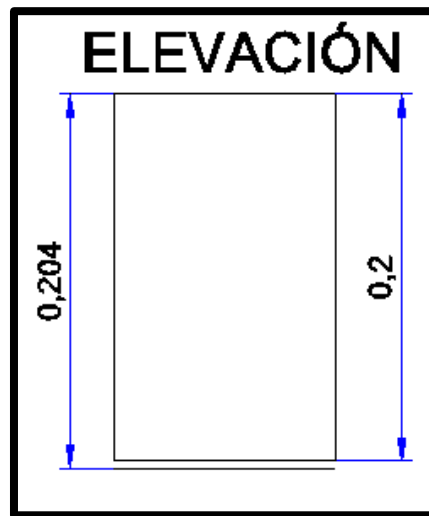
*Dimensiones en planta del molde*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 13**

*Dimensiones en elevación del molde*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

El molde se elaboró a base de plancha de acero en 6 piezas que encajan entre sí.

**Figura 14**

*Proceso de fabricación de molde*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020



*Figura 15*

*Molde final para BCE*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

El molde metálico tiene un mecanismo de ensamblado la cual consta de diferentes partes por lo que se arman entre sí. Nos permite fabricar bloques de concreto ensamblable con dimensiones de 40 cm x 12 cm x 20 cm.

#### **2.4.5.2. Elaboración de bloque de concreto tipo ensamblable**

En la presente investigación se elaboró bloque de concreto de tipo ensamblable de clase P (bloques usados en la construcción de muros portantes); se le denomina así porque este bloque cuenta con un cambio en el diseño comparado con el convencional, ya que se innovó para permitir en ensamblarse entre ellos mismos sin la necesidad de mortero o algún otro material adhesivo.

Esta unidad fue elaborada con los mismos materiales convencionales agregando un componente extra que es el Relave Minero.

- **Dimensionamiento**

Las medidas modulares para que el bloque de concreto tipo ensamblable, se basó en la norma NTP 399.602, como esta unidad se usará en albañilería armada, la norma nos especifica las dimensiones mínimas para bloques.

**Tabla 41**

*Medidas modulares de los bloques de concreto*

Largo (L)	Ancho (a)	Alto (h)
4 M	2 M	2 M
3 M	1 M	3 M
2 M		1 M

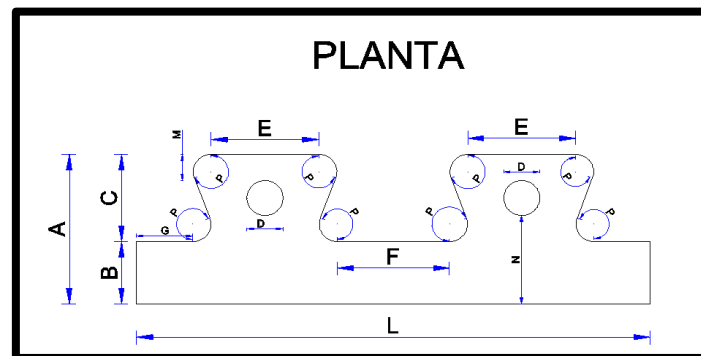
\*M= Módulo normal 10 cm

**Fuente:** NTP 399.602:2017

Es así que se propuso un nuevo modelo de bloque de concreto de tipo ensamblable con las siguientes dimensiones que se muestran a continuación:

**Figura 16**

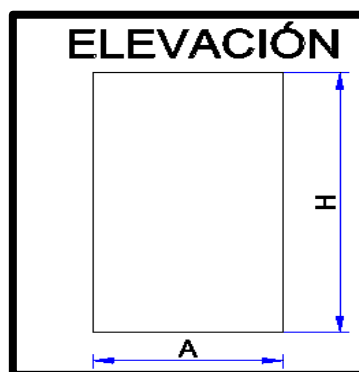
*Vista en planta del bloque de concreto ensamblable*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 17**

*Vista en elevación del bloque de concreto ensamblable*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 42**

*Dimensiones del Bloque de Concreto Tipo Ensamblable*

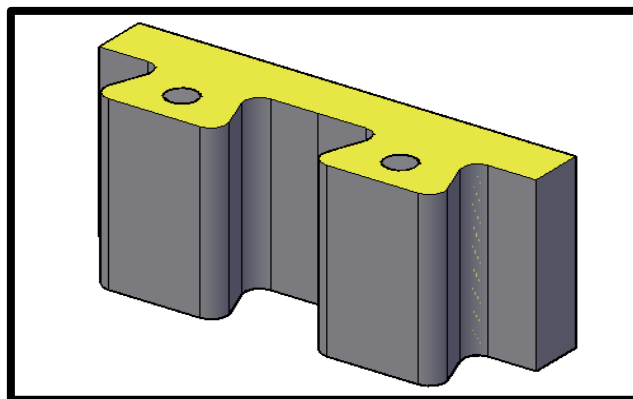
<b>Nomenclatura</b>	<b>Dimensión</b>
<b>L</b>	40.00 cm
<b>A</b>	12.00 cm
<b>V</b>	5.00 cm
<b>C</b>	7.00 cm
<b>D</b>	2.80 cm
<b>E</b>	7.70 cm
<b>F</b>	7.70 cm
<b>G</b>	3.80 cm
<b>P</b>	250°
<b>M</b>	2.10 cm
<b>N</b>	7.10 cm
<b>H</b>	20.00 cm

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Finalmente, el bloque de concreto tipo ensamblable que se propone tiene la siguiente forma:

**Figura 18**

*Bloque de concreto Ensamblable*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

- **Dosificación**

Como se conoce la dosificación es el proporcionamiento de los agregados, agua y cemento que conforman la mezcla para la elaboración de la unidad; en nuestro caso se incorporó el relave minero como reemplazo de una cierta cantidad de agregado fino (arena gruesa).

Para este reemplazo de agregado fino por relave minero se elaboró una etapa anterior la cual consistió en realizar la dosificación de mezcla para un concreto de  $f'c = 150$  kg/cm<sup>2</sup> con diferentes porcentajes (46%, 48%, 50%, 52%, 54% y 56% de Relave Minero por agregado fino), las cuales fueron mezcladas en probetas cilíndricas y se analizaron para distinguir que porcentaje nos da mejores resultados con respecto a la resistencia y la cual se aproxima al esfuerzo de 150 kg/cm<sup>2</sup>.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas, se escogió el porcentaje óptimo el cual es próximo al esfuerzo de 150 kg/cm<sup>2</sup> y mejor en comparación a los distintos porcentajes.

Luego de ello se eligió la dosificación de este para la elaboración del bloque de concreto tipo ensamblable con contenido de relave minero. Para la elaboración de la mezcla de concreto se consideró un desperdicio de 15% para un solo bloque.

Asimismo, se elaboró bloques de concreto ensamblable sin contenido de relave minero a la cual se le denominó T0: 0% RM, de la cual también se consideró un desperdicio de 15% para un solo bloque en su elaboración; para así realizar una comparación entre bloques con y sin relave minero, la cual permitió ver la incidencia de este material.

- **Cantidad de bloques de concreto ensamblable**

La cantidad de muestras (bloques de concreto ensamblable) que se necesitó para la investigación se definieron de acuerdo a lo estipulado en la NTP 399.604:2002, de

acuerdo al ensayo que se va a realizar. En este caso se determinó realizar los ensayos de resistencia a compresión y absorción.

La norma estipula que como mínimo las muestras para el ensayo de resistencia a compresión son 3, sin embargo, según el cálculo de la muestra nos dio como resultado 8 especímenes por lo que consideramos un total de 10 especímenes para realizar los ensayos. Asimismo, para el ensayo de absorción la norma específica 3 especímenes, pero en la investigación se optó por realizar 4 especímenes para dar veracidad y realce a los datos. A continuación, se muestra la cantidad de muestras que se definió para la investigación:

**Tabla 43**

*Número de bloques de concreto tipo ensamblable para cada ensayo correspondiente*

Tratamiento	% Relave Minero (RM)	N° de probetas	
		Ensayo de Resistencia a Compresión	Ensayo de Absorción
T0	0%	10	4
T3	50%	10	4
<b>Total</b>		<b>20</b>	<b>8</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

- **Elaboración, colocado y curado de Bloques de concreto tipo Ensamblable**

Una vez determinado la dosificación para bloques con 50% RM y 0% RM, asimismo la cantidad de especímenes. Se procedió con el mezclado, el cual se realizó de modo manual considerando la dosificación un 15% de desperdicio para cada bloque.

- ✓ **Proceso de mezclado:**

- Se dispuso los materiales que son arena gruesa, piedra de 3/8", cemento, agua y relave minero para su pesado según la dosificación correspondiente.

- Para el T0: 0% RM, se comenzó la mezcla disponiendo de arena grueso y piedra de 3/8” en una bandeja apta para el mezclado, seguidamente se agregó el cemento realizando el mezclado en seco empleando lampa y badilejo.
- Después del mezclado en seco se incorporó el agua en el centro del hoyo de la mezcla, para luego mezclar uniformemente hasta obtener la consistencia deseada.
- Para el T3: 50% RM, se inició el mezclado previamente en seco, comenzando con la unión del agregado pétreo y relave minero para luego agregarle el cemento portland.
- Ya homogenizada esta mezcla se agregó obtener la consistencia deseada.
- Para determinar la consistencia adecuada del concreto de acuerdo al diseño de mezcla, se realizó el ensayo de cono de Abrams (Asentamiento de concreto fresco), según la norma NTP 339.035:2009, para cada porcentaje que corresponda.

✓ **Proceso de moldeado de mezcla:**

- Antes de moldear la mezcla se armó el bloque metálico para posterior colocados de la mezcla, además de armado se procedió a cubrir el interior del molde con aceite.
- Obtenido la mezcla se procedió a vaciarla dentro del molde metálico en 3 capas.
- Se depositó la primera capa de mezcla en el molde y con la ayuda de una varilla se acomodó la mezcla, después se vibró manualmente. Se prosiguió el mismo proceso en la segunda y tercera capa.
- Una vez elaborado los bloques, estos deben permanecer en un lugar que les garantice protección del sol y vientos, con la finalidad de que puedan fraguar sin secarse. El periodo de fraguado de los bloques fue de un día para otro.

✓ **Proceso de desmoldado de bloques:**

- Se procedió a desarmar las piezas del molde de manera cuidadosa para evitar que los bloques se dañen.

- Después se procedió a escribir la nomenclatura de cada bloque con respecto al porcentaje y al ensayo que corresponde.

✓ **Proceso del curado de bloques:**

El curado de los bloques consiste en mantener los bloques húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia especificada. Por esto es necesario curar los bloques como cualquier otro producto de concreto. El procedimiento de curado de bloques de concreto ensamblable se realizó de acuerdo a la NTP 339.033:2015, donde el propósito de este proceso es maximiza la hidratación del cemento.

- Inmediatamente después de desmoldar los bloques por un periodo de 28 días a una temperatura ambiente de entre 16°C a 18°C en el transcurrido de este tiempo.

○ **Temperatura del agua de curado:**

La temperatura del agua de curado de los bloques de concreto ensamblable fue controlada mediante el uso de un termómetro, teniendo como resultado lo siguiente:

**Tabla 44**

*Control semanal de temperatura en curado de bloques de concreto ensamblable del T0:  
0%RM*

<b>Curado de bloques ensamblables de T0: 0%RM</b>	
<b>Inicial: 28/08/2019</b>	
<b>Culmina: 25/09/2019</b>	
<b>Semana</b>	<b>Temperatura del agua en grados centígrados (°C)</b>
<b>1era. Semana</b>	16.1°C
<b>2da. Semana</b>	16.6°C
<b>3ra. Semana</b>	16.7°C
<b>4ta. Semana</b>	17.0°C
<b>5ta. Semana</b>	17.7°C

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 45**

*Control semanal de temperatura en curado de bloques de concreto ensamblable del T3:  
50%RM*

<b>Curado de bloques ensamblables de T3: 50%RM</b>	
<b>Inicial: 28/09/2019</b>	
<b>Culmina: 26/10/2019</b>	
<b>Semana</b>	<b>Temperatura del agua en grados centígrados (°C)</b>
<b>1era. Semana</b>	16.00°C
<b>2da. Semana</b>	16.70°C
<b>3ra. Semana</b>	17.10°C
<b>4ta. Semana</b>	17.7°C
<b>5ta. Semana</b>	17.9°C

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

#### **2.4.6. Determinación de Resistencia a Compresión de bloques de concreto tipo Ensamblable (NTP 339.604:2002)**

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 339.604:2002 “Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto”.

La cual menciona que la cantidad mínima de unidades de albañilería para el ensayo de resistencia a compresión es 3 especímenes de albañilería; en la presente investigación, la clase para fines estructurales del bloque de concreto tipo ensamblable es de clase P (bloques usados en la construcción de muros portantes) por lo que, de acuerdo a la NTP 399.602 la resistencia característica a compresión mínima es de 70 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto teniendo los parámetros de la resistencia a compresión de bloques de concreto tipo ensamblables, se procedió mencionando los materiales equipos y el procedimiento a seguir.



- **Materiales**

- Bloques de concreto Ensamblables: Se utilizó 10 bloques para el ensayo de compresión a los 28 días de curado para los porcentajes tanto T0: 0% RM y T3: 50% RM.

- **Equipos**

- Prensa hidráulica: La máquina será equipada con dos bloques de soporte de acero, uno de los cuales es una rótula con plato que transmitirá la carga a la superficie superior.

- Placas de acero de espesor de  $\frac{3}{4}$  de pulgada: La máquina fue equipada con dos placas de soporte de acero, uno de los cuales es una rótula con plato que transmitió la carga a la superficie superior del espécimen de la unidad de albañilería, y la otra un bloque de acero rígido planos sobre el cual descasara ele espécimen. El área de estos bloques de acero no es suficiente para cubrir la sección del espécimen de albañilería por lo que se colocó entre estos, placas de acero que cumplan los requisitos de la norma NTP 399.604:2002.

***Figura 19***

*Placas de acero de  $\frac{3}{4}$ "*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

- **Procedimiento**

- Los especímenes se retiraron de la poza de curado, y se ensayaron en la máquina a compresión axial a la edad de 28 días en condición húmeda, para tener un mejor control de la resistencia a la compresión.
- La carga aplicada a una velocidad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s ( $2.5 \pm 0.5$  kg/cm<sup>2</sup>/s) y se mida la deformación unitaria.
- Se anotaron la carga última máxima.
- Luego se identificaron el tipo de fractura en los testigos según la NTP 339.034:2015.

- **Cálculo**

- Para la obtención de datos se empleó la siguiente fórmula:

*Ecuación 32: Resistencia a compresión de bloques de concreto ensamblables*

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A}$$

**Fuente:** NTP 339.034:2015

Donde:

$\sigma$  = Resistencia a la compresión en kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>max</sub> = Carga última de rotura (kg)

A = Área transversal de la sección ensayada (cm<sup>2</sup>)

#### **2.4.7. Determinación del porcentaje de absorción de bloques de concreto tipo ensamblable (NTP 399.604:2002)**

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 339.604:2002 “Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto”.

El porcentaje de absorción se calcula para determinar la porosidad de la unidad e albañilería, mientras más elevada sea el porcentaje de absorción será más poros y por tanto menos resistente al intemperismo.

El límite máximo de absorción que se especifica para las unidades de concreto clase P es de 12% y para la clase NP es de 15% según RNE E.070. En la presente investigación se realizaron bloques de concreto tipo ensamblable con incorporación de 50% RM, del tipo clase P.

- **Materiales**

- Bloques de concreto Ensamblables: Se utilizó 4 bloques para el ensayo de porcentajes T0: 0% RM y T3: 50% RM.

- **Equipos**

- Horno: de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Balanza: Será sensible dentro del 0,5% del peso del espécimen más pequeño probado.
- Tina con agua.

- **Procedimiento**

- Se extrajo los bloques de concreto tipo ensamblable de la tina de curado para el respectivo ensayo.
- Se colocó el bloque en el horno a  $100^{\circ}\text{C}$  a  $115^{\circ}\text{C}$  por no menos de 24 horas, para evitar que tenga % de humedad, y se dejó reposar un tiempo de 30 minutos al aire libre.
- Posteriormente al secado, se realizó los pesos de cada muestra de bloques de concreto tipo ensamblable 3 veces en intervalos de 2 horas para evitar errores, registrando los pesos de los especímenes secados.

- Se sumergió los especímenes de prueba en agua por 24 horas para después sacar del agua y drenarlo por un minuto retirando el agua superficial con un paño.
- Posteriormente al drenado, se realizó los pesos de los bloques 3 veces, registrando así los pesos de los especímenes saturados.
- Se procede a realizar los cálculos con la fórmula que establece la norma.

- **Cálculo**

- Para la obtención de datos se empleó la siguiente fórmula:

*Ecuación 33: Absorción del bloque de concreto ensamblable*

$$\text{Absorción (\%)} = \left[ \frac{W_s - W_d}{W_d} \right] \times 100$$

**Fuente:** NTP 399.604:2002

Donde:

Ws= Peso saturado del espécimen (kg)

Wd= Peso seco al horno del espécimen (kg)

#### **2.4.8. Determinación de la densidad del bloque de concreto tipo ensamblable (NTP 399.604:2002)**

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 399.604:2002 “Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto”.

Teniendo los respectivos pesos se realizó el ensayo del peso unitario o densidad seca al horno, utilizando tres unidades de bloque concreto tipo ensamblable enteras, tanto T0: 0% y T3: 50%, el cual menciona la siguiente fórmula:

*Ecuación 34: Densidad del bloque de concreto ensamblable*

$$\text{Densidad } \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) = \left[ \frac{W_d}{(W_s - W_i)} \right] \times 100$$

**Fuente:** NTP 399.604:2002

Donde:

$W_s$ = Peso saturado del espécimen (kg)

$W_d$ = Peso seco al horno del espécimen (kg)

$W_i$ = Peso sumergido del espécimen (kg)

#### 2.4.9. Procedimiento de análisis de datos

El procedimiento para el análisis de datos se realizará de acuerdo con las hipótesis específicas descritas en las anteriores tablas, en primer lugar, se planteó la hipótesis nula y la hipótesis alterna. Luego se eligió un nivel de significancia de 5%, conjuntamente se determinaron los parámetros estadísticos que son:

Para comprobar la normalidad de los 60 datos con distinto porcentaje de adición de relave minero se empleó el test de Shapiro Wilk. Esta prueba consiste que si el valor de significancia es mayor al 5% entonces se acepta la  $H_0$ , o sea, presenta normalidad en sus datos; si resulta lo contrario, entonces se rechaza la  $H_0$  indicando que no presenta normalidad en sus datos. A continuación, se presenta detalladamente lo expresado:

- $P\text{-Valor} \geq 0.05$ , se acepta  $H_0$ , los datos provienen de una distribución normal.
- $P\text{-Valor} < 0.05$ , se acepta  $H_1$ , los datos no provienen de una distribución normal.

Por otro lado, para verificar la igualdad de varianza se utilizó la prueba de T-Student, U de Mann-Whitney y HSD Tukey. Esta prueba, de igual modo que la anterior consiste que si el valor de significancia es mayor al 5% entonces se acepta la  $H_0$ , o sea, presenta igualdad de varianza en sus datos; si resulta lo contrario, entonces se rechaza la  $H_0$  indicando que no presenta igualdad de varianza en sus datos. A continuación, se presenta detalladamente lo expresado:

- $P\text{-Valor} \geq 0.05$ , se acepta  $H_0$ , las varianzas presentan igualdad.

- P-Valor  $< 0.05$ , se acepta  $H_1$ , presenta diferencias significativas entre varianzas.

Por último, para comprobar qué hipótesis se rechaza se utilizó la prueba de ANOVA de un factor, puesto que es usado para comparar más de dos grupos. Esta prueba indica que si el valor de significancia es mayor al 5% entonces se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ); si resulta lo contrario, entonces se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ). A continuación, se presenta detalladamente lo expresado:

- Si la probabilidad obtenida P-Valor  $\geq 0.05$ , se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ).

- Si la probabilidad obtenida P-Valor  $< 0.05$ , se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

Además, es necesario recalcar que se utilizó el software IBM SPSS para realizar todas estas pruebas mencionadas anteriormente.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

En el presente capítulo se muestra un resumen de los resultados que corresponden a los ensayos de caracterización de los materiales (agregado grueso, fino y relave minero), ensayos de concreto en estado fresco y endurecido, Resistencia a Compresión, absorción y densidad, los cuales serán utilizados para la mezcla de fabricación de probetas cilíndricas con adición de relave minero y bloques de concreto tipo ensamblables, desarrollados en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte – Trujillo.

#### 3.1. Caracterización de los agregados

##### 3.1.1. Contenido de Humedad de los agregados (NTP 339.185:2013)

En la tabla N° 46 y N° 47 se muestran los resultados obtenidos de contenido de los ensayos de laboratorio del agregado fino y grueso.

##### A. Agregado Fino

Para determinar el contenido de humedad del agregado fino, se tomó de la muestra 1000 g. obteniendo 2.04% de humedad.

**Tabla 46**

*Resultados de Contenido de Humedad del Agregado Fino*

N°	Nombre	Cantidad de Ensayos		
		1	2	3
1	Peso del Recipiente (gr)	92.00	94.00	81.00
2	Peso del Recipiente (gr) + Muestra Húmeda (gr)	1092.00	1094.00	1081.00
3	Peso de Muestra Húmeda (gr)	1000.00	1000.00	1000.00
4	Peso del Recipiente + Muestra Seca (gr)	1072.00	1074.00	1061.00
5	Peso de la Muestra Seca (gr)	980.00	980.00	980.00
6	Contenido de Humedad (%)	2.04%	2.04%	2.04%
7	<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>2.04%</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

## B. Agregado Grueso

Para determinar el contenido de humedad del agregado grueso, se tomó de la muestra 2000 g. obteniendo 0.77% de humedad.

**Tabla 47**

*Resultados de Contenido de Humedad del Agregado Grueso*

N°	Nombre	Cantidad de Ensayos		
		1	2	3
1	Peso del Recipiente (gr)	260.00	693.00	623.00
2	Peso del Recipiente (gr) + Muestra Húmeda (gr)	2260.00	2693.00	2623.00
3	Peso de Muestra Húmeda (gr)	2000.00	2000.00	2000.00
4	Peso del Recipiente + Muestra Seca (gr)	2243.00	2678.00	2609.00
5	Peso de la Muestra Seca (gr)	1983.00	1985.00	1986.00
6	Contenido de Humedad (%)	0.86%	0.76%	0.70%
7	<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>0.77%</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.1.2. Análisis Granulométrico de los agregados (NTP 400.012:2013)

En la tabla N°48 y N°49 se muestran los resultados obtenidos de contenido de los ensayos de granulometría del agregado fino y grueso.

#### A. Agregado Fino

En el agregado fino, se obtuvo un Módulo de Finura (MF) de 2.826, lo cual es recomendable para la elaboración de probetas de concreto, con una muestra de 1500 gramos. Además, cumpliendo con los límites máximos y mínimos del MF (no menor a 2.30 ni mayor a 3.10) establecidos en la NTP 400.037: 2018.



**Tabla 48**

*Resultados del Análisis granulométrico de Agregado Fino*

<b>Granulometría de Agregado Fino masa inicial de 1500.00 gr.</b>						
<b>Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso retenido + Peso de recipiente (gr)</b>	<b>Peso retenido (gr)</b>	<b>% Parcial retenido</b>	<b>% Acumulado</b>	
					<b>% Retenido</b>	<b>% Pasa</b>
<b>3/8"</b>	9.50	81.00	0.00	0.000	0.000	100.000
<b>N°4</b>	4.75	82.00	1.00	0.067	0.067	99.933
<b>N°8</b>	2.36	322.00	241.00	16.067	16.133	83.867
<b>N°16</b>	1.18	471.00	390.00	26.000	42.133	57.867
<b>N°30</b>	0.60	245.00	164.00	10.933	53.067	46.933
<b>N°50</b>	0.30	388.00	307.00	20.467	73.533	26.467
<b>N°100</b>	0.15	475.00	394.00	26.267	99.800	0.200
<b>Fondo</b>		84.00	3.00	0.200	100.000	0.000
<b>PESO FINAL</b>			<b>1500</b>			
<b>Peso de Recipiente (gr)</b>		81				

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

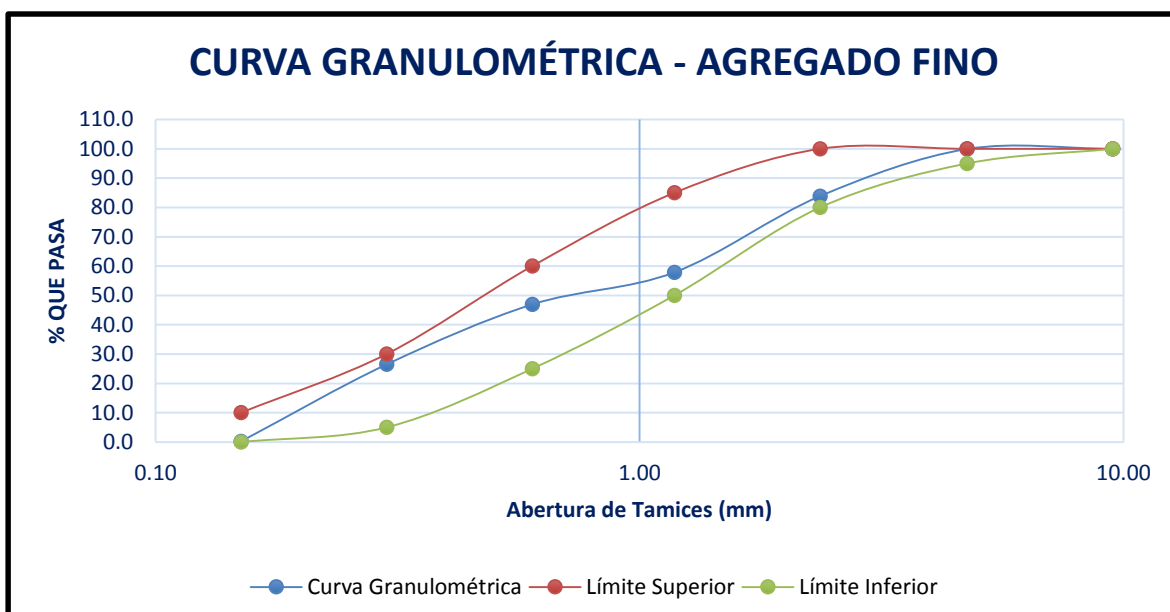
$$\text{Módulo de Finura} = \frac{\text{Tamiz (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

$$\text{Módulo de Finura} = \frac{\text{Tamiz (0.067 + 16.133 + 42.133 + 53.067 + 73.533 + 99.800)}}{100}$$

$$MF = 2.8$$

**Figura 20**

*Curva Granulométrica del Agregado Fino*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### B. Agregado Grueso

En el agregado grueso, se verificó su Tamaño Máximo Nominal (TMN) de 3/8" por lo cual se consideró el Huso Granulométrico 08 para verificar su calidad, cumpliendo con los límites de material pasante mencionado en la norma. Por lo tanto, este agregado es recomendable para la elaboración de las probetas de concreto.

**Tabla 49**

*Resultados del Análisis granulométrico de Agregado Grueso*

Granulometría de Agregado Grueso masa inicial de 2000.00gr.						
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido + Peso de recipiente (gr)	Peso retenido (gr)	% Parcial retenido	% Acumulado	
					% Retenido	% Pasa
3/4"	19.00	81.00	0.00	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.70	81.00	0.00	0.000	0.000	100.000
3/8"	9.50	146.00	65.00	2.600	2.600	97.400
N°4	4.75	2088.00	2007.00	80.280	82.880	17.120
N°8	2.36	508.00	427.00	17.080	99.960	0.040

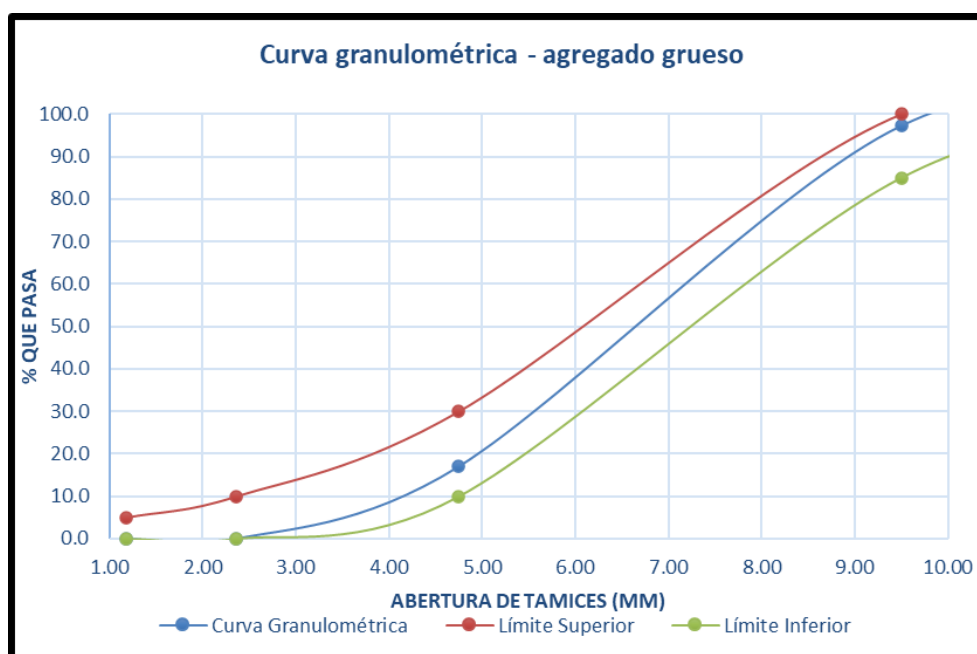
N°16	1.18	82.00	1.00	0.040	100.000	0.000
<b>Fondo</b>		81.00	0.00	0.000	100.000	0.000
<b>PESO FINAL (gr)</b>		<b>2500.00</b>				
<b>Peso de Recipiente (gr)</b>	81					

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Tamaño Máximo (TM): 1/2”  
Tamaño Máximo Nominal: 3/8”

**Figura 21**

*Curva Granulométrica del Agregado Grueso*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.1.3. Peso Unitario de los agregados (NTP 400.017:2011)

En la tabla N°50, N°51, N°52 y N°53 se muestran los resultados obtenidos del ensayo de peso unitario y vacío de los agregados (suelto y compactado).

#### A. Agregado Fino

En el agregado fino, se obtuvieron como promedio los valores de 1620 kg/m<sup>3</sup> para el PUSS y 1760 kg/m<sup>3</sup> para el PUCS. Estos valores serán utilizados para poder realizar el diseño de mezcla.

**Tabla 50**
*Resultados del Peso Unitario Seco Suelto del Agregado Fino*

<b>Peso Unitario Seco Suelto (P.U.S.S) del Agregado Fino</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Ensayo N°1</b>	<b>Ensayo N°2</b>	<b>Ensayo N°3</b>
Peso de la Muestra + Recipiente (gr)	28000.00	27985.00	28055.00
Peso del Recipiente (gr)	4810.00	4810.00	4810.00
Peso de la Muestra (gr)	23190.00	23175.00	23245.00
Volumen del Recipiente (m <sup>3</sup> )	0.014326	0.014326	0.014326
Peso unitario Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1618.735	1617.688	1622.574
<b>Promedio de Peso Unitario Seco Suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1620</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 51**
*Resultados del Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Fino*

<b>Peso Unitario Seco Compactado (P.U.C.S.) del Agregado Fino</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Ensayo N°1</b>	<b>Ensayo N°2</b>	<b>Ensayo N°3</b>
Peso de la Muestra + Recipiente (gr)	30075.00	30025.00	30075.00
Peso del Recipiente (gr)	4810.00	4810.00	4810.00
Peso de la Muestra (gr)	25265.00	25215.00	25265.00
Volumen del Recipiente (m <sup>3</sup> )	0.014326	0.014326	0.014326
Peso unitario Seco Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1763.577	1760.087	1763.577
<b>Promedio de Peso Unitario Seco Compactado (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1760</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### **B. Agregado Grueso**

En el agregado grueso, se obtuvieron como promedio los valores de 1430 kg/m<sup>3</sup> para el PUSS y 1550 kg/m<sup>3</sup> para el PUCS. Estos valores serán utilizados para poder realizar el diseño de mezcla.

**Tabla 52**
*Resultados del Peso Unitario Seco Suelto del Agregado Grueso*

<b>Peso Unitario Suelto (P.U.S.S.) del Agregado Grueso (piedra de 3/8")</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Ensayo N°1</b>	<b>Ensayo N°2</b>	<b>Ensayo N°3</b>
Peso de la Muestra + Recipiente (gr)	25370.00	25310.00	25275.00
Peso del Recipiente (gr)	4810.00	4810.00	4810.00
Peso de la Muestra (gr)	20560.00	20500.00	20465.00
Volumen del Recipiente (m <sup>3</sup> )	0.014326	0.014326	0.014326
Peso unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1435.153	1430.965	1428.522
<b>Promedio de Peso Unitario Seco Suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1430</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 53**
*Resultados del Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Grueso*

<b>Peso Unitario Compactado (P.U.C.S.) del Agregado Grueso (piedra de 3/8")</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Ensayo N°1</b>	<b>Ensayo N°2</b>	<b>Ensayo N°3</b>
Peso de la Muestra + Recipiente (gr)	27090.00	26850.00	27020.00
Peso del Recipiente (gr)	4820.00	4820.00	4820.00
Peso de la Muestra (gr)	22280.00	22040.00	22210.00
Volumen del Recipiente (m <sup>3</sup> )	0.014326	0.014326	0.014326
Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1555.214	1538.462	1550.328
<b>Promedio de Peso Unitario Seco Compactado (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1550</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.1.4. Peso Específico y Absorción de los agregados (NTP 400.022:2013 / 400.021:2002)

En la tabla N°54 y N°55 se muestran los resultados obtenidos del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y grueso.

### A. Agregado Fino

De acuerdo a la NTP 400.022:2013, se obtuvieron como promedio los valores de 2.42 gr/cm<sup>3</sup> para el Peso Específico y 4.32% para Absorción.

**Tabla 54**

*Resultados del Peso Específico y Absorción de la muestra del Agregado Fino*

<b>Peso Específico y Absorción del Agregado Fino</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Peso</b>			<b>Promedio</b>
	<b>Ensayo N°1</b>	<b>Ensayo N°2</b>	<b>Ensayo N°3</b>	
Muestra parcialmente seca (gr)	500.00	500.00	500.00	
Peso de picnómetro + Muestra parcialmente seca (gr)	643.00	672.00	672.00	
Peso de picnómetro + Muestra parcialmente seca + Agua (gr)	946.00	975.00	973.00	
Peso de picnómetro (gr)	143.00	172.00	172.00	
Peso de picnómetro + Agua (cm <sup>3</sup> )	643.00	672.00	672.00	
Peso de muestra seca (gr)	483.00	472.00	483.00	
<b>Peso específico de masa (P.e.m.) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.452	2.396	2.427	<b>2.42</b>
<b>Peso específico saturada con superficie seca (peSSS) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.538	2.538	2.513	<b>2.53</b>
<b>Peso específico aparente (P.e.a.) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.683	2.793	2.654	<b>2.71</b>
<b>Absorción (%)</b>	0.035	0.059	0.035	<b>4.324%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### B. Agregado Grueso

De acuerdo a la NTP 400.021:2002, se obtuvieron como promedio los valores de 2.41 gr/cm<sup>3</sup> para el Peso Específico y 4.45% para Absorción.

**Tabla 55**

*Resultados del Peso Específico y Absorción de la muestra del Agregado Grueso*

<b>Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Ensayo N°1</b>	<b>Peso Ensayo N°2</b>	<b>Ensayo N°3</b>	
Peso de la Muestra parcialmente seca (gr) (B)	1983.00	1958.00	2049.00	
Peso en el agua de la muestra saturada (gr) (C)	1202.00	1171.00	1239.00	
Peso de la muestra seca (gr) (A)	1900.00	1870.00	1965.00	<b>Prome dio</b>
<b>Peso específico de masa (P.e.m.) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.433	2.376	2.426	<b>2.41</b>
<b>Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.539	2.488	2.530	<b>2.52</b>
<b>Peso específico aparente (P.e.a.) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.722	2.675	2.707	<b>2.70</b>
<b>Absorción (%)</b>	0.044	0.047	0.043	<b>4.450 %</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.2. Caracterización del Relave Minero

#### 3.2.1. Contenido de Humedad del Relave Minero (NTP 339.185:2013)

Se siguió el procedimiento para obtener el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de Relave Minero.

Para determinar el contenido de humedad del Relave Minero, se tomó de la muestra 400 g, obteniendo 4.35 % de humedad.

**Tabla 56**

*Resultados de Contenido de Humedad del Relave Minero*

N°	Nombre	Cantidad de Ensayos		
		1	2	3
1	Peso del Recipiente (gr)	45.00	45.00	45.00
2	Peso del Recipiente (gr) + Muestra Húmeda (gr)	445.00	445.00	445.00
3	Peso de Muestra Húmeda (gr)	400.00	400.00	400.00
4	Peso del Recipiente + Muestra Seca (gr)	428.00	430.00	427.00
5	Peso de la Muestra Seca (gr)	383.00	385.00	382.00
6	Contenido de Humedad (%)	4.44%	3.90%	4.71%
7	<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>4.35%</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.2.2. Análisis Granulométrico del Relave Minero (NTP 400.012:2013)

Se obtuvo un Módulo de Finura (MF) de 2.3, con una muestra de 1500 gramos.

**Tabla 57**

*Resultados del Análisis Granulométrico del Relave Minero*

Granulometría de Relave Minero masa inicial de 1500.00 gr.						
Tamiz	Abertura (mm)	Peso		% Parcial retenido	% Acumulado	
		retenido + Peso de recipiente (gr)	Peso retenido (gr)		% Retenido	% Pasa
3/8"	9.50	204.00	46.00	3.067	3.067	96.933
N°4	4.75	258.00	100.00	6.667	9.733	90.267
N°8	2.36	258.00	100.00	6.667	16.400	83.600
N°16	1.18	244.00	86.00	5.733	22.133	77.867
N°30	0.60	286.00	128.00	8.533	30.667	69.333
N°50	0.30	610.00	452.00	30.133	60.800	39.200
N°100	0.15	673.00	515.00	34.333	95.133	4.867
N°200	0.08	220.00	62.00	4.133	99.267	0.733
	<b>Fondo</b>	169.00	11.00	0.733	100.000	0.000
<b>PESO FINAL</b>			<b>1500</b>			
<b>Peso de Recipiente (gr)</b>		158				

**Fuente:** Elaboración propia, 2020



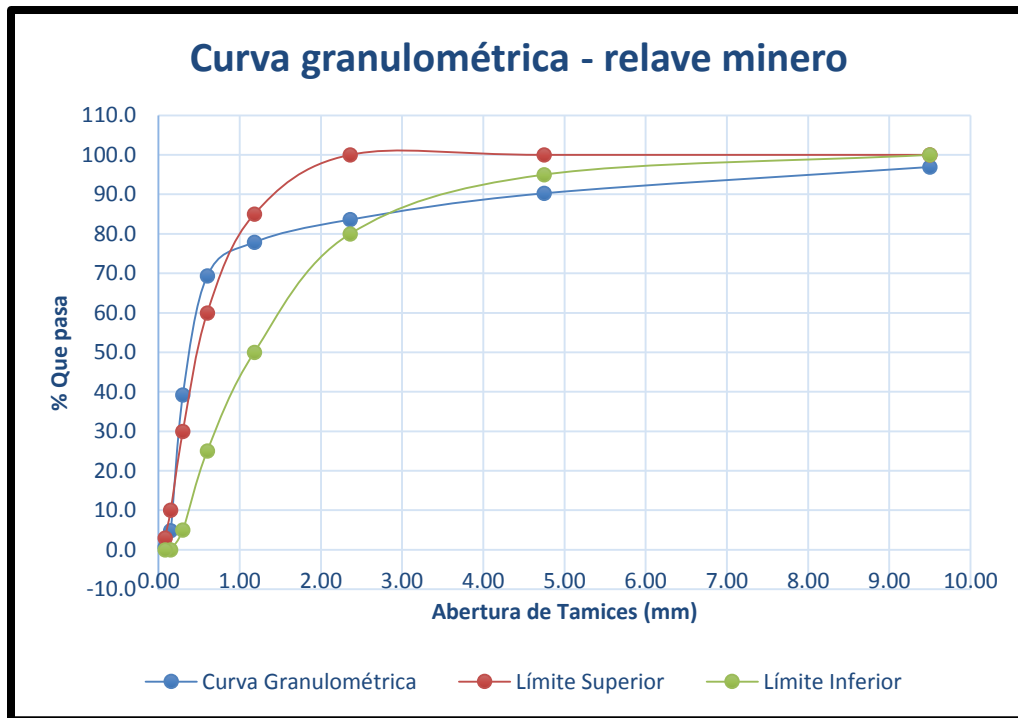
$$\text{Módulo de Finura} = \frac{\text{Tamiz (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

$$\text{Módulo de Finura} = \frac{\text{Tamiz (9.733 + 16.400 + 22.133 + 30.667 + 60.800 + 95.133)}}{100}$$

$$MF = 2.3$$

**Figura 22**

*Curva Granulométrica del Relave Minero*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.2.3. Peso Unitario de los agregados (NTP 400.017:2011)

Se obtuvieron como promedio los valores de 1270 kg/m<sup>3</sup> para el PUSS y 1500 kg/m<sup>3</sup> para el PUCS.

**Tabla 58**
*Resultados del Peso Unitario Seco Suelto del Relave Minero*

<b>Peso Unitario Seco Suelto (P.U.S.S.) del Relave Minero</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Ensayo N°1</b>	<b>Ensayo N°2</b>	<b>Ensayo N°3</b>
Peso de la Muestra + Recipiente (gr)	23165.00	22925.00	22890.00
Peso del Recipiente (gr)	4810.00	4810.00	4810.00
Peso de la Muestra (gr)	18355.00	18115.00	18080.00
Volumen del Recipiente (m <sup>3</sup> )	0.014326	0.014326	0.014326
Peso unitario Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1281.237	1264.484	1262.041
<b>Promedio de Peso Unitario Seco Suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1270</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 59**
*Resultados del Peso Unitario Seco Compactado del Relave*

<b>Peso Unitario Seco Compactado (P.U.C.S.) del Relave Minero</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Ensayo N°1</b>	<b>Ensayo N°2</b>	<b>Ensayo N°3</b>
Peso de la Muestra + Recipiente (gr)	26240.00	26490.00	26140.00
Peso del Recipiente (gr)	4810.00	4810.00	4810.00
Peso de la Muestra (gr)	21430.00	21680.00	21330.00
Volumen del Recipiente (m <sup>3</sup> )	0.014326	0.014326	0.014326
Peso unitario Seco Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1495.882	1513.332	1488.901
<b>Promedio de Peso Unitario Seco Compactado (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1500</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.2.4. Peso Específico y Absorción del Relave Minero (NTP 400.022:2013):

Se obtuvieron como promedio los valores de 3.426 gr/cm<sup>3</sup> para el Peso Específico y 1.843% para Absorción.

**Tabla 60**
*Resultados del Peso Específico y Absorción del Relave Minero*

<b>Peso Específico y Absorción del Relave Minero</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Peso</b>			<b>Promedio</b>
	<b>Ensayo N°1</b>	<b>Ensayo N°2</b>	<b>Ensayo N°3</b>	
Muestra parcialmente seca (gr)	500.00	500.00	500.00	
Peso de picnómetro + Muestra parcialmente seca (gr)	672.00	672.00	672.00	
Peso de picnómetro + Muestra parcialmente seca + Agua (gr)	1029.0	1026.0	1031.00	
Peso de picnómetro (gr)	0	0		
Peso de picnómetro + Agua (cm <sup>3</sup> )	172.00	172.00	172.00	
Peso de picnómetro + Agua (cm <sup>3</sup> )	672.00	672.00	672.00	
Peso de muestra seca (gr)	484.00	494.00	495.00	
<b>Peso específico de masa (P.e.m.) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	3.385	3.384	3.511	<b>3.43</b>
<b>Peso específico saturada con superficie seca (PeSSS) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	3.497	3.425	3.546	<b>3.49</b>
<b>Peso específico aparente (P.e.a.) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	3.811	3.529	3.640	<b>3.66</b>
<b>Absorción (%)</b>	0.033	0.012	0.010	<b>1.843%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.3. Diseño de mezcla método ACI 211

#### 3.3.1. Diseño de mezcla para concreto de $F'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ en probetas cilíndricas con proporciones de Relave Minero:

- **Datos para el Diseño de Mezcla de Concreto**

A continuación, se presentan los resultados del agregado fino, agregado grueso y relave minero obtenidos en el laboratorio, datos del cemento a utilizar y características del concreto; las cuales son información necesaria para el diseño de mezcla del concreto.

**Tabla 61**

*Datos del concreto a diseñar*

<b>Datos del Concreto</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Características del Concreto</b>
<b>Resistencia específica a la compresión (f'c)</b>	150.00 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Condiciones de Ambiente</b>	Condiciones Normales
<b>Condición de Exposición</b>	Sin Aire Incorporado
<b>Consistencia</b>	Plástica
<b>Asentamiento o Revestimiento (Slump)</b>	3" a 4"

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 62**

*Datos de agregado fino, agregado grueso y relave*

<b>Caracterización</b>	<b>Agregado Fino</b>	<b>Agregado Grueso</b>	<b>NORMA</b>
<b>PUSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1620	1430	NTP 400.017:2011
<b>PUSC (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1760	1550	NTP 400.017:2011
<b>Pem (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2425	2412	NTP 400.022:2013 NTP 400.021:2013
<b>PeSSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2530	2519	NTP 400.022:2013 NTP 400.021:2013
<b>Pea (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2710	2701	NTP 400.022:2013 NTP 400.021:2013
<b>% Absorción</b>	4.32	4.45	NTP 400.022:2013 NTP 400.021:2013
<b>% Humedad</b>	2.04	0.77	NTP 339.185:2013
<b>MF</b>	2.826		NTP 400.012:2013
<b>TM</b>	-	1/2"	NTP 400.012:2013
<b>TMN</b>	-	3/8"	NTP 400.012:2013
<b>HUSO</b>	-	N° 8	NTP 400.037:2014

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 63**

*Datos del cemento*

Descripción	Características del Cemento
<b>Tipo de Cemento</b>	Cemento Portland Pacasmayo Tipo 1
<b>Peso Específico del Cemento</b>	3.140 kg/cm <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Las siguientes tablas son el resultado del Diseño de Mezcla según el método ACI 211.

**Tabla 64**

*Proporciones de mezcla en peso por volumen de concreto*

<b>Proporciones en Peso por Metro Cúbico de Concreto</b>	
Cemento =	341.32 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Fino =	819.70 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso =	712.08 kg/m <sup>3</sup>
Agua Efectiva =	228.00 kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 65**

*Dosificación de mezcla en peso por kilogramos de cemento*

<b>Dosificación en Peso por Kilogramo de Cemento</b>	
Cemento =	1.00 kg/kilo cemento
Agregado Fino =	2.45 kg/kilo cemento
Agregado Grueso =	2.10 kg/kilo cemento
Agua Efectiva =	0.80 kg/kilo cemento

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.3.2. Tratamientos estudiados y cantidad de probetas de concreto con Relave

#### Minero:

Para determinar los tratamientos en la presente tesis, se utilizó el modelo de especímenes cilíndricos de 4" x 8" (102 mm x 203 mm).

Por otro lado, se determinó tratamientos de 46%, 48%, 50%, 52%, 54% y 56% de incorporación de Relave Minero como sustituto al agregado fino. Teniendo la siguiente dosificación patrón: 1: 2.45: 2.10 / 0.80, se define las cantidades en kg de los componentes del concreto por unidad de probeta para cada tratamiento, las cuales se presentan a continuación:

**Tabla 66**

*Dosificación de mezcla con incorporación de 46% de Relave Minero*

<b>Cemento</b>	<b>A. F.</b>	<b>A. G.</b>	<b>Agua</b>	<b>Relave minero</b>
1.000	1.32	2.10	0.80	1.13
<b>Mezcla para una Probeta Cilíndrica</b>				
0.536 kg	0.709 kg	1.127 kg	0.429 lt	0.604 kg

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 67**

*Dosificación de mezcla con incorporación de 48% de Relave Minero*

<b>Cemento</b>	<b>A. F.</b>	<b>A. G.</b>	<b>Agua</b>	<b>Relave minero</b>
1.000	1.27	2.10	0.80	1.18
<b>Mezcla para una Probeta Cilíndrica</b>				
0.536 kg	0.683 kg	1.127 kg	0.429 lt	0.631 kg

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 68**

*Dosificación de mezcla con incorporación de 50% de Relave Minero*

<b>Cemento</b>	<b>A. F.</b>	<b>A. G.</b>	<b>Agua</b>	<b>Relave minero</b>
1.000	1.23	2.10	0.80	1.23
<b>Mezcla para una Probeta Cilíndrica</b>				
0.536 kg	0.657 kg	1.127 kg	0.429 lt	0.657 kg

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 69**

*Dosificación de mezcla con incorporación de 52% de Relave Minero*

<b>Cemento</b>	<b>A. F.</b>	<b>A. G.</b>	<b>Agua</b>	<b>Relave minero</b>
1.000	1.18	2.10	0.80	1.27
<b>Mezcla para una Probeta Cilíndrica</b>				
0.536 kg	0.631 kg	1.127 kg	0.429 lt	0.683 kg

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 70**

*Dosificación de mezcla con incorporación de 54% de Relave Minero*

<b>Cemento</b>	<b>A. F.</b>	<b>A. G.</b>	<b>Agua</b>	<b>Relave minero</b>
1.000	1.13	2.10	0.80	1.32
<b>Mezcla para una Probeta Cilíndrica</b>				
0.536 kg	0.604 kg	1.127 kg	0.429 lt	0.709 kg

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 71**

*Dosificación de mezcla con incorporación de 56% de Relave Minero*

Cemento	A. F.	A. G.	Agua	Relave minero
1.000	1.08	2.10	0.80	1.37
Mezcla para una Probeta Cilíndrica				
0.536 kg	0.578 kg	1.127 kg	0.429 lt	0.736 kg

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

- **Cantidad de probetas por cada tratamiento (ASTM C31)**

En la presente tesis se realizaron diez probetas cilíndricas de 102 mm de diámetro y 203 mm de altura, para obtener más resultados verídicos.

**Tabla 72**

*Número de Probetas para Ensayo a Resistencia a Compresión*

Tratamiento	% Relave Minero (RM)	N° de probetas
<b>T1</b>	46%	10
<b>T2</b>	48%	10
<b>T3</b>	50%	10
<b>T4</b>	52%	10
<b>T5</b>	54%	10
<b>T6</b>	56%	10
Total		60

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 73**

*Cantidad de mezcla por tanda con un porcentaje de desperdicio del 25%*

Material	Unidad	Tratamientos					
		T1: 46% RM	T2: 48% RM	T3: 50% RM	T4: 52% RM	T5: 54% RM	T6: 56% RM
Cemento	kg	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70
Ag. Grueso	kg	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09
Ag. Fino	kg	8.87	8.54	8.21	7.88	7.55	7.23



<b>Relave minero</b>	kg	7.55	7.88	8.21	8.54	8.87	9.20
<b>Agua</b>	kg	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.4. Resistencia a la compresión de Probetas Cilíndricas

El resultado de la resistencia a la compresión de cada tratamiento, corresponde el promedio de diez probetas cilíndricas ensayadas a los 28 días.

**Tabla 74**

*Cuadro de número de probetas para ensayo a compresión*

<b>Resistencia específica a la Compresión</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>% Relave Minero</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Nº de probetas</b>
<b>F<sup>'</sup>c= 150 kg/cm<sup>2</sup></b>	T1	46%	46% RM	10 U
	T2	48%	48% RM	10 U
	T3	50%	50% RM	10 U
	T4	52%	52% RM	10 U
	T5	54%	54% RM	10 U
	T6	56%	56% RM	10 U
				<b>60 U</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 75**

*Cuadro de resistencia a compresión del T1: 46% RM*

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máx. (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 150 kg/cm <sup>2</sup>
T1-01	10.000	28	78.62	10569	134.44	131.84	150	88%
T1-02	10.005		78.78	10406	132.10			
T1-03	10.055		78.54	10513	133.86			
T1-04	10.025		79.01	9805	124.09			
T1-05	10.04		78.54	10003	127.37			
T1-06	10.025		78.85	9626	122.08			
T1-07	10.040		79.01	10212	129.25			
T1-08	10.035		79.25	10340	130.48			
T1-09	10.015		78.70	11630	147.78			
T1-10	10.015		78.78	10789	136.95			

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 76**
*Cuadro de resistencia a compresión del T2: 48% RM*

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máx. (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 150 kg/cm <sup>2</sup>
T2-01	10.000	28	78.54	10488	133.54	138.49	150	92%
T2-02	10.005		78.62	9738	123.87			
T2-03	10.055		79.41	10498	132.21			
T2-04	10.025		78.93	10432	132.16			
T2-05	10.040		79.17	11757	148.51			
T2-06	10.025		78.93	10977	139.07			
T2-07	10.04		79.17	11931	150.70			
T2-08	10.035		79.09	11686	147.75			
T2-09	10.015		78.78	10595	134.49			
T2-10	10.015		78.78	11232	142.58			

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 77**

*Cuadro de resistencia a compresión del T3: 50% RM*

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máx. (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 150 kg/cm <sup>2</sup>
T3-01	10.030		79.01	11859	150.10			
T3-02	10.015		78.78	11406	144.79			
T3-03	10.045		79.25	11966	151.00			
T3-04	10.035		79.09	12150	153.62			
T3-05	10.025	28	78.93	11406	144.50	151.41	150	101%
T3-06	10.015		78.78	12242	155.40			
T3-07	10.015		78.78	11798	149.77			
T3-08	10.020		78.85	12201	154.73			
T3-09	10.040		79.17	11589	146.38			
T3-10	10.020		78.85	12915	163.78			

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 78**

*Cuadro de resistencia a compresión del T4: 52% RM*

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máx. (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 150 kg/cm <sup>2</sup>
T4-01	10.005	28	78.62	11625	147.86	149.81	150	100%
T4-02	10.005		78.62	11457	145.72			
T4-03	10.000		78.54	11446	145.74			
T4-04	10.005		78.62	11956	152.08			
T4-05	10.000		78.54	11956	152.23			
T4-06	10.005		78.62	11854	150.78			
T4-07	10.000		78.54	11864	151.06			
T4-08	10.000		78.54	12119	154.31			
T4-09	10.000		78.54	11717	149.18			
T4-10	10.000		78.54	11711	149.12			

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 79**

*Cuadro de resistencia a compresión del T5: 54% RM*

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máx. (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 150 kg/cm <sup>2</sup>
T5-01	10.000	28	78.54	10631	135.35	137.03	150	91%
T5-02	10.000		78.54	10875	138.47			
T5-03	10.005		78.62	10462	133.08			
T5-04	10.000		78.54	10743	136.78			
T5-05	10.000		78.54	10631	135.35			
T5-06	10.000		78.54	10870	138.40			
T5-07	10.000		78.54	11151	141.97			
T5-08	10.000		78.54	10794	137.43			
T5-09	10.000		78.54	10508	133.79			
T5-10	10.000		78.54	10967	139.64			

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 80**

*Cuadro de resistencia a compresión del T6: 56% RM*

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máx. (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 150 kg/cm <sup>2</sup>
T6-01	10.000		78.54	9774	124.45			
T6-02	10.000		78.54	9580	121.98			
T6-03	10.005		78.62	9718	123.61			
T6-04	10.000		78.54	9590	122.11			
T6-05	10.000	28	78.54	8392	106.85	120.89	150	81%
T6-06	10.000		78.54	9789	124.64			
T6-07	10.005		78.62	9550	121.47			
T6-08	10.005		78.62	9478	120.56			
T6-09	10.000		78.54	9907	126.13			
T6-10	10.000		78.54	9193	117.05			

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 81**

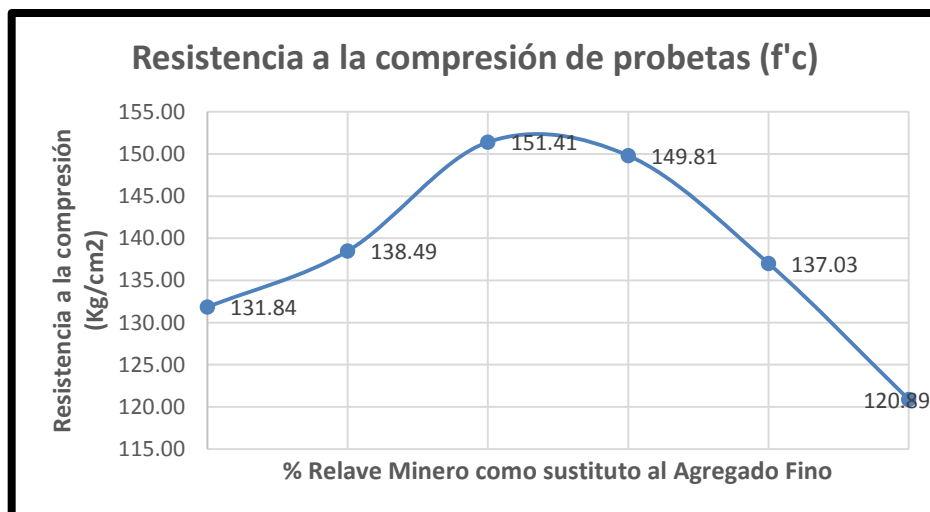
*Resumen de ensayo de resistencia a la compresión de probetas (F'c)*

Muestra	Tratamiento					
	T1:	T2:	T3:	T4:	T5:	T6:
	46%	48%	50%	52%	54%	56%
	RM	RM	RM	RM	RM	RM
N° 01	134.44	133.54	150.10	147.86	135.35	124.45
N° 02	132.10	123.87	144.79	145.72	138.47	121.98
N° 03	133.86	132.21	151.00	145.74	133.08	123.61
N° 04	124.09	132.16	153.62	152.08	136.78	122.11
N° 05	127.37	148.51	144.50	152.23	135.35	106.85
N° 06	122.08	139.07	155.40	150.78	138.40	124.64
N° 07	129.25	150.70	149.77	151.06	141.97	121.47
N° 08	130.48	147.75	154.73	154.31	137.43	120.56
N° 09	147.78	134.49	146.38	149.18	133.79	126.13
N° 10	136.95	142.58	163.78	149.12	139.64	117.05
<b>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>131.84</b>	<b>138.49</b>	<b>151.41</b>	<b>149.81</b>	<b>137.03</b>	<b>120.89</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 23**

*Gráfico del comportamiento de resistencia a compresión promedio en relación al % de incorporación de RM*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020



La resistencia a la compresión de probetas de concreto con los diferentes tratamientos (C/T), se realizó para escoger la mejor dosificación de uno de estos tratamientos que muestren mayores resultados de resistencia a compresión, para ellos se realizó un análisis comparativo entre la resistencia a la compresión de los diferentes tratamientos realizados y la resistencia de diseño sin ningún tratamiento (S/T).

Se sabe que, al ensayar la resistencia a compresión de un cilindro a los 28 días, tiene que ser el 99.9 % de la resistencia a compresión para la cual se diseñó ( $0.999 \cdot F'c$ ) si esta no recibió ningún tratamiento (S/T), para el caso de la presente tesis el  $F'c$  de diseño es  $150 \text{ kg/cm}^2$  por lo que el  $F'c$  mínimo de diseño sin tratamiento es:

$$F'c_{\text{mínimo de diseño}} = 0.999 \times 150 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 149.85 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

De acuerdo al análisis anterior se tiene los resultados mostrado en la siguiente tabla:

**Tabla 82**

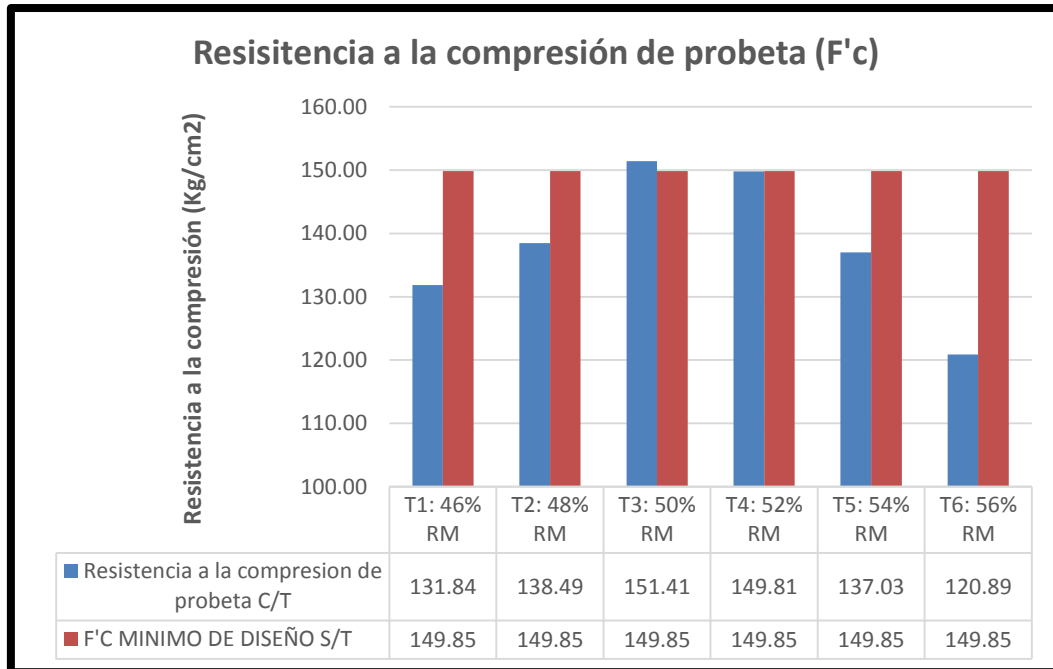
*Resistencia a la compresión alcanzada C/T según al  $F'c$  mínimo de diseño en probetas S/T*

T	Resistencia a la compresión de probeta C/T ( $F'c$ )	$F'c$ mínimo de diseño S/T	Resistencia alcanzada C/T (%)
<b>T1: 46% RM</b>	131.84	$149.85 \text{ kg/cm}^2$	87.98%
<b>T2: 48% RM</b>	138.49		92.42%
<b>T3: 50% RM</b>	151.41		101.04%
<b>T4: 52% RM</b>	149.81		99.97%
<b>T5: 54% RM</b>	137.03		91.44%
<b>T6: 56% RM</b>	120.89		80.67%

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 24**

*Gráfico comparativo de resistencia a compresión promedio de probeta C/T en relación a resistencia de diseño S/T*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

La resistencia a la compresión promedio ( $\text{kg/cm}^2$ ) obtenida en cada tratamiento, varía debido a la incorporación de Relave Minero como sustituto del agregado fino en porcentajes de 46%, 48%, 50%, 52%, 54% y 56% siendo el T3: 50% el que obtiene mejores resultados, por la que se optó usar esta dosificación en la elaboración de bloques de concreto tipo ensamblable.

### 3.5. Dosificación de Bloques de Concreto Tipo Ensamblable

Los resultados que se obtuvieron a través del ensayo de resistencia a compresión de las probetas cilíndricas fueron los siguientes:

**Tabla 83**
*Resultados de esfuerzos de compresión de cada porcentaje*

Edad	Mezcla	<b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>					
		T1: 46% RM	T2: 48% RM	T3: 50% RM	T4: 52% RM	T5: 54% RM	T6: 56% RM
<b>Promedio de f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		131.84	138.49	151.41	149.81	137.03	120.89

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluyó que el T3: 50% RM nos dio resultados óptimos las cuales son próximos al esfuerzo de 150 kg/cm<sup>2</sup> y mejor en comparación a los distintos tratamientos.

Es así que por los resultados del T3: 50% RM, se eligió la dosificación de este para la elaboración del bloque de concreto tipo ensamblable con contenido de relave minero.

**Tabla 84**
*Dosificación de mezcla con incorporación de 50% de RM*

<b>Cemento</b>	<b>A. F.</b>	<b>A. G.</b>	<b>Agua</b>	<b>Relave minero</b>
1.00	1.23	2.10	0.80	1.23
<b>Mezcla para un Molde de Bloque de Concreto Ensamblable</b>				
2.219 kg	2.718 kg	4.664 kg	1.774 lt	2.718 kg

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 85**
*Mezcla con incorporación de 50% de RM incluido desperdicio de 15%*

<b>Cemento</b>	<b>A. F.</b>	<b>A. G.</b>	<b>Agua</b>	<b>Relave minero</b>
2.551 kg	3.126 kg	5.364 kg	2.040 lt	3.126 kg

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Asimismo, se elaboró bloques de concreto ensamblable sin contenido de relave minero a la cual se le denominó T0: 0% RM, para realizar una comparación entre bloques con y sin relave minero, la cual permitió ver la incidencia de este material. A continuación, se muestra la dosificación para la unidad sin relave minero.

**Tabla 86**
*Dosificación de mezcla patrón sin RM*

<b>Cemento</b>	<b>A. F.</b>	<b>A. G.</b>	<b>Agua</b>	<b>Relave minero</b>
1.00	2.45	2.10	0.80	-
<b>Mezcla para un Molde de Bloque de Concreto Ensamblable</b>				
2.219 kg	5.437 kg	4.664 kg	1.774 lt	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 87**
*Mezcla con 0% de RM incluido desperdicio de 15% para un molde*

<b>Cemento</b>	<b>A. F.</b>	<b>A. G.</b>	<b>Agua</b>	<b>Relave minero</b>
2.551 kg	6.252 kg	5.364 kg	2.040 lt	-

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.6. Resistencia a la compresión de los bloques de concreto ensamblables

Se procedió a realizar un resumen de las resistencias obtenidas de cada muestra, determinando antes el área bruta (AB) con la cual se calculará la resistencia de acuerdo a la norma NTP 399.602, los datos obtenidos del cálculo de la resistencia a la compresión de bloques de concreto ensamblables se detalla a continuación:

**Tabla 88**
*Cuadro de esfuerzo de compresión de BCE (patrón) del T0: 0% RM*

<b>BCE</b>	<b>Superficie de BCE</b>		<b>Edad de ensayo (días)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Fuerza de compresión (kg)</b>	<b>F'b (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
	<b>AN (CM<sup>2</sup>)</b>	<b>AB (CM<sup>2</sup>)</b>				
<b>M-01</b>	325	338	28	14.885	24901.56	73.67
<b>M-02</b>	325	338		14.520	23769.67	70.32
<b>M-03</b>	325	338		15.170	25645.96	75.88
<b>M-04</b>	325	338		14.760	24141.87	71.43
<b>M-05</b>	325	338		15.085	23453.56	69.39
<b>M-06</b>	325	338		14.980	23759.48	70.29
<b>M-07</b>	325	338		14.760	25498.10	75.44
<b>M-08</b>	325	338		14.780	25227.87	74.64
<b>M-09</b>	325	338		15.240	25131.00	74.35
<b>M-10</b>	325	338		14.965	22586.80	66.82
<b>Promedio de f'b (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						<b>72.22</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020

**Tabla 89**

*Cuadro de esfuerzo de compresión de BCE del T3: 50% RM*

BCE	Superficie de BCE		Edad de ensayo (días)	Peso (kg)	Fuerza de compresión (kg)	F'b (kg/cm <sup>2</sup> )
	AN (CM <sup>2</sup> )	AB (CM <sup>2</sup> )				
M-01	325	338	28	15.780	27195.93	80.46
M-02	325	338		15.970	30392.75	89.92
M-03	325	338		15.250	30158.22	89.23
M-04	325	338		15.900	28613.34	84.65
M-05	325	338		15.480	29857.40	88.34
M-06	325	338		15.070	27012.38	79.92
M-07	325	338		15.610	27190.83	80.45
M-08	325	338		15.570	27303.00	80.78
M-09	325	338		15.890	27124.55	80.25
M-10	325	338		15.220	26023.25	76.99
<b>Promedio de f'b (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						<b>83.10</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020

**Tabla 90**

*Resumen de ensayo a Resistencia a compresión de BCE*

Muestra	Peso de BCE (kg)		Resistencia a compresión de BCE f'b (kg/cm <sup>2</sup> )	
	T0: 0% RM	T3: 50% RM	T0: 0% RM	T3: 50% RM
	M-01	14.89	15.78	73.67
M-02	14.52	15.97	70.32	89.92
M-03	15.17	15.25	75.88	89.23
M-04	14.76	15.90	71.43	84.65
M-05	15.09	15.48	69.39	88.34
M-06	14.98	15.07	70.29	79.92
M-07	14.76	15.61	75.44	80.45
M-08	14.78	15.57	74.64	80.78
M-09	15.24	15.89	74.35	80.25
M-10	14.97	15.22	66.82	76.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.91</b>	<b>15.57</b>	<b>72.22</b>	<b>83.10</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020

**Tabla 91**

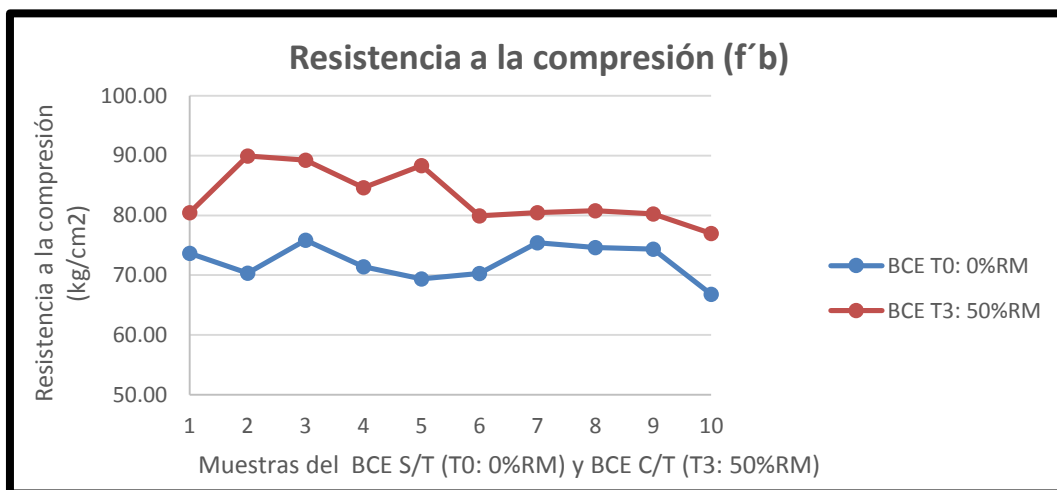
*Resistencia final de los BCE*

<b>Tratamiento</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Resistencia a Compresión de BCE (f' b)</b>
<b>T0: 0% RM</b>	14.91	72.22
<b>T3: 50% RM</b>	15.57	83.10

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 25**

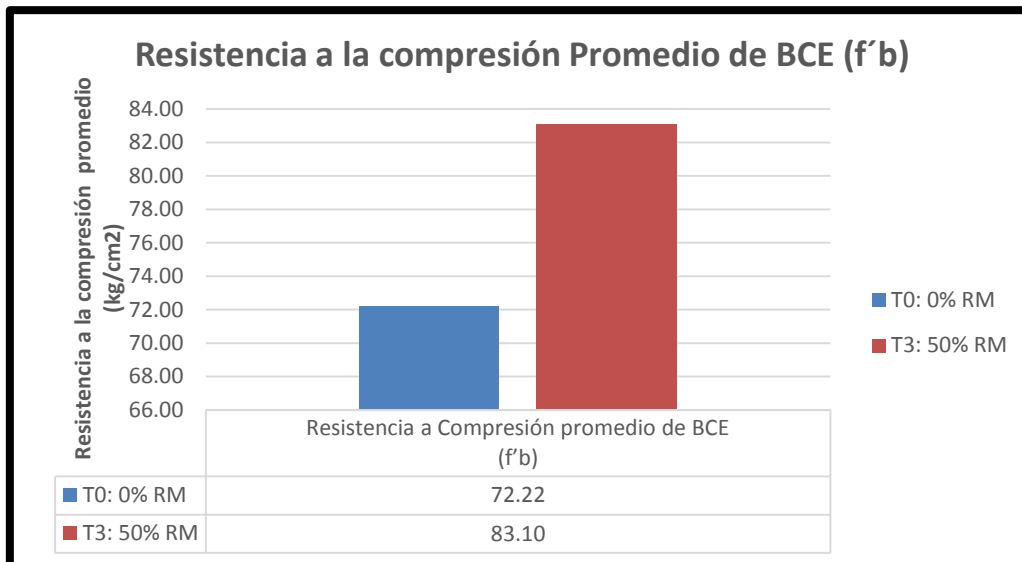
*Comportamiento de resistencia a compresión del T0: 0% RM y T3: 50% RM del BCE*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 26**

*Comportamiento de resistencia a compresión promedio del BCE T0: 0% RM y BCE T3: 50% RM*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

La resistencia a la compresión promedio ( $\text{kg/cm}^2$ ) obtenida de los BCE (bloques de concreto ensamblables), tanto en la mezcla patrón T0: 0% RM (sin adición de relave minero) como el T3: 50% RM (adición del 50% de relave minero) varía debido a la incorporación del Relave Minero (RM) como sustituto del agregado fino, siendo el BCE del T3: 50% RM el que obtiene mayores resultados a comparación del BCE patrón (T0: 0% RM).

### **3.7. Porcentaje de absorción de bloques de concreto tipo ensamblable (NTP 399.604:2002)**

Después de realizar todos los ensayos de los 4 bloques de concreto tipo ensamblable; tanto del patrón como del que contiene porcentajes de Relave Minero (T3: 50%RM), se procedió a realizar un resumen de los porcentajes de absorción obtenidas de cada muestra detallados a continuación:

**Tabla 92**

*Cuadro de peso seco (Wd) de cada BCE*

T	Muestra	Wd 1 (kg)	Wd 2 (kg)	Wd 3 (kg)	Peso seco Promedio (Wd)
<b>T0: 0% RM</b>	M1	13.252	13.253	13.254	<b>13.253</b>
	M2	13.515	13.515	13.516	<b>13.515</b>
	M3	13.346	13.347	13.349	<b>13.347</b>
	M4	13.177	13.179	13.179	<b>13.178</b>
<b>T3: 50% RM</b>	M1	14.083	14.085	14.087	<b>14.085</b>
	M2	14.276	14.280	14.282	<b>14.279</b>
	M3	12.900	12.902	12.906	<b>12.903</b>
	M4	14.556	14.559	14.559	<b>14.558</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 93**

*Cuadro de peso saturado (Ws) de cada BCE*

T	Muestra	Ws 1 (kg)	Ws 2 (kg)	Ws 3 (kg)	Peso Saturado Promedio (Ws)
<b>T0: 0% RM</b>	M1	14.560	14.555	14.555	<b>14.557</b>
	M2	15.025	15.011	15.011	<b>15.016</b>
	M3	14.786	14.779	14.768	<b>14.778</b>
	M4	14.675	14.668	14.660	<b>14.668</b>
<b>T3: 50% RM</b>	M1	15.827	15.717	15.714	<b>15.753</b>
	M2	15.856	15.852	15.849	<b>15.852</b>
	M3	14.548	14.429	14.429	<b>14.469</b>
	M4	16.106	16.098	16.098	<b>16.101</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 94**

*Promedio de porcentaje de Absorción de BCE patrón y BCE de T3*

T	Muestra	Wd (kg)	Ws (kg)	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)
<b>T0: 0% RM</b>	M1	13.253	14.557	9.837%	<b>10.739%</b>
	M2	13.515	15.016	11.101%	
	M3	13.347	14.778	10.716%	
	M4	13.178	14.668	11.301%	
<b>T3: 50% RM</b>	M1	14.085	15.753	11.840%	<b>11.397%</b>
	M2	14.279	15.852	11.016%	
	M3	12.903	14.469	12.137%	
	M4	14.558	16.101	10.597%	



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.8. Densidad de bloques de concreto tipo ensamblable (NTP 399.604:2002)

**Tabla 95**

*Resultado de densidad de BCE de T0: 0% RM*

Muestra	M1	M2	M3	M4
<b>Peso Seco (Wd)</b>	13.253	13.515	13.347	13.178
<b>Peso Saturado (Ws)</b>	14.557	15.016	14.778	14.668
<b>Peso Sumergido (Wi)</b>	7.858	8.226	9.034	8.75
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1978.453	1990.574	2323.835	2226.948
<b>Densidad Promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>2129.952</b>			

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 96**

*Resultado de densidad de BCE de T3: 50% RM*

Muestra	M1	M2	M3	M4
<b>Peso Seco (Wd)</b>	14.085	14.279	12.903	14.558
<b>Peso Saturado (Ws)</b>	15.753	15.852	14.469	16.101
<b>Peso Sumergido (Wi)</b>	7.614	8.380	8.828	9.151
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1730.627	1910.960	2287.436	2094.777
<b>Densidad Promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>2005.950</b>			

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### 3.9. Prueba de hipótesis

#### 3.9.1. Análisis Estadístico Resistencia a compresión en Probetas cilíndricas (F'c)

La utilización de cierto porcentaje de relave minero como sustituyente del agregado fino en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla planteado para la elaboración de especímenes de concreto con  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$  en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte – Sede San Isidro de la Ciudad de Trujillo, Departamento de La Libertad.

El análisis estadístico se realizó mediante el diseño completamente al azar, en la cual se hizo un análisis de varianza para contrastar la afirmación anterior, utilizando un cuadro de ANOVA y prueba F con 5% de significancia (95 % de nivel de confianza), así como también se realizó la comparación de medias para verificar la diferencia significativa de los tratamientos.

- **Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** Las medias de la resistencia a la compresión obtenidos por la adición de 46%, 48%, 50%, 52%, 54% y 56% de relave minero son iguales ( $\alpha \geq 0.05$ ).

- **Hipótesis alterna (H<sub>1</sub>):** Las medias de la resistencia a la compresión obtenidos por la adición de 46%, 48%, 50%, 52%, 54% y 56% de relave minero son diferentes ( $\alpha < 0.05$ ).

Para el análisis de varianza se utilizó los datos de resistencia a compresión alcanzada a los 28 días.

**Tabla 97**

*Cuadro de datos de resistencia a compresión en probetas*

Muestra	Tratamiento					
	T1:	T2:	T3:	T4:	T5:	T6:
	46% RM	48% RM	50% RM	52% RM	54% RM	56% RM
N° 01	134.44	133.54	150.10	147.86	135.35	124.45
N° 02	132.10	123.87	144.79	145.72	138.47	121.98
N° 03	133.86	132.21	151.00	145.74	133.08	123.61
N° 04	124.09	132.16	153.62	152.08	136.78	122.11
N° 05	127.37	148.51	144.50	152.23	135.35	106.85
N° 06	122.08	139.07	155.40	150.78	138.40	124.64
N° 07	129.25	150.70	149.77	151.06	141.97	121.47
N° 08	130.48	147.75	154.73	154.31	137.43	120.56
N° 09	147.78	134.49	146.38	149.18	133.79	126.13
N° 10	136.95	142.58	163.78	149.12	139.64	117.05

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 98**
*Resumen de varianza de un factor (compresión)*

Tratamientos	Muestra	Mínimo	Máximo	Promedio	Varianza	Desviación Estándar
<b>T1-46%</b>	10	122.08	147.78	131.84	52.79	7.27
<b>T2-48%</b>	10	123.87	150.70	138.49	76.25	8.73
<b>T3-50%</b>	10	144.50	163.78	151.41	34.04	5.83
<b>T4-52%</b>	10	145.72	154.31	149.81	7.97	2.82
<b>T5-54%</b>	10	133.08	141.97	137.03	7.46	2.73
<b>T6-56%</b>	10	106.85	126.13	120.89	30.72	5.54

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 99**
*Análisis de varianza (ANOVA - Compresión)*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	6508.66	5	1301.73	37.329	2.35E-16	2.386
<b>Dentro de los grupos</b>	1883.09	54	34.87			
<b>Total</b>	8391.75	59				

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Como F calculada es mayor que F crítico, se establece que si hay diferencias entre los tratamientos.

Así también como la probabilidad es menor al 0.05 de significancia, se establece que si hay una diferencia entre estos tratamientos.

Por tanto, se procedió a realizar una comparación de medias haciendo el uso del Test de Tukey con 5% de significancia, para demostrar la diferencia entre los promedios de las resistencias a compresión encontradas para cada tratamiento.

**Tabla 100**
*Comparación de media. Según Test de Tukey (Compresión)*

(I) tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Probabilidad	Significancia	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
T1-46%	T2-48%	-6.670000	2.64112	0.135	No significativo	-14.4731	1.1331
	T3-50%	-19,58900*	2.64112	0.000	Altamente significativo	-27.3921	-11.7859
	T4-52%	-17,97000*	2.64112	0.000	Altamente significativo	-25.7731	-10.1669
	T5-54%	-5.188000	2.64112	0.376	No significativo	-12.9911	2.6151
	T6-56%	10,93300*	2.64112	0.002	Altamente significativo	3.1299	18.7361
T2-48%	T1-46%	6.670000	2.64112	0.135	No significativo	-1.1331	14.4731
	T3-50%	-12,91900*	2.64112	0.000	Altamente significativo	-20.7221	-5.1159
	T4-52%	-11,30000*	2.64112	0.001	Altamente significativo	-19.1031	-3.4969
	T5-54%	1.482000	2.64112	0.993	No significativo	-6.3211	9.2851
	T6-56%	17,60300*	2.64112	0.000	Altamente significativo	9.7999	25.4061
T3-50%	T1-46%	19,58900*	2.64112	0.000	Altamente significativo	11.7859	27.3921
	T2-48%	12,91900*	2.64112	0.000	Altamente significativo	5.1159	20.7221
	T4-52%	1.619000	2.64112	0.990	No significativo	-6.1841	9.4221
	T5-54%	14,40100*	2.64112	0.000	Altamente significativo	6.5979	22.2041
	T6-56%	30,52200*	2.64112	0.000	Altamente significativo	22.7189	38.3251
T4-52%	T1-46%	17,97000*	2.64112	0.000	Altamente significativo	10.1669	25.7731
	T2-48%	11,30000*	2.64112	0.001	Altamente significativo	3.4969	19.1031
	T3-50%	-1.619000	2.64112	0.990	No significativo	-9.4221	6.1841
	T5-54%	12,78200*	2.64112	0.000	Altamente significativo	4.9789	20.5851
	T6-56%	28,90300*	2.64112	0.000	Altamente significativo	21.0999	36.7061
T5-54%	T1-46%	5.188000	2.64112	0.376	No significativo	-2.6151	12.9911
	T2-48%	-1.482000	2.64112	0.993	No significativo	-9.2851	6.3211
	T3-50%	-14,40100*	2.64112	0.000	Altamente significativo	-22.2041	-6.5979
	T4-52%	-12,78200*	2.64112	0.000	Altamente significativo	-20.5851	-4.9789
	T6-56%	16,12100*	2.64112	0.000	Altamente significativo	8.3179	23.9241
T6-56%	T1-46%	-10,93300*	2.64112	0.002	Altamente significativo	-18.7361	-3.1299

T2-48%	-17,60300*	2.64112	0.000	Altamente significativo	-25.4061	-9.7999
T3-50%	-30,52200*	2.64112	0.000	Altamente significativo	-38.3251	-22.7189
T4-52%	-28,90300*	2.64112	0.000	Altamente significativo	-36.7061	-21.0999
T5-54%	-16,12100*	2.64112	0.000	Altamente significativo	-23.9241	-8.3179

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Según el test de Tukey, se observa que existe diferencia significativa entre la comparación de medias de los tratamientos.

Por lo tanto, de acuerdo a la comparación de medias se determina que el tratamiento de 50% RM obtuvo mayor resistencia a la compresión, debido a que este es el tratamiento que tiene mayor diferencia significativa a comparación de los otros; considerando esto se optó en elegir dicha dosificación para la elaboración de bloques de concreto tipo ensamblable.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Se analizaron los resultados obtenidos de los ensayos de caracterización de los agregados y relave minero, también sobre el análisis químico del relave minero; asimismo, los resultados del ensayo a compresión de las probetas cilíndricas con porcentajes de relave minero, la resistencia a compresión de los bloques de concreto tipo ensamblable, del mismo modo, la absorción y densidad de los bloques.

#### 4.1.1. Análisis de la Caracterización de agregados

Es importante mencionar que, realizar una buena caracterización de agregados traerá consigo un buen diseño de mezcla. Es por ello, que los ensayos fueron realizados minuciosamente en el laboratorio de concreto. A continuación, se mencionará los resultados de los ensayos que se llevó a cabo.

- Se realizó el ensayo al agregado fino, agregado grueso y relave minero, obteniendo como resultado un contenido de humedad del 2.04%, 0.77% y 4.35% respectivamente, tal como se puede apreciar en las tablas 46, 47 y 56.

- Una vez efectuado el análisis granulométrico del agregado fino, se prosiguió a obtener el módulo de finura que resultó de dividir los % retenidos acumulados entre 100. El módulo de finura es de 2.826; estos valores están dentro del rango establecido en la NTP 400.037, según esta norma menciona que el módulo de fineza no será menor de 2.3 ni mayor de 3.1. Por otro lado, el porcentaje que pasa de agregado fino cumple según la tabla 33 de la NTP 400.037. El relave minero presenta un módulo de finura de 2.3, aunque su valor sea inferior al de la arena, este dato no influyó en la decisión de sustituir el Relave por dicho agregado.

- Después de llevar a cabo el análisis granulométrico del agregado grueso, se determinó el Tamaño Máximo (TM) y el Tamaño Máximo Nominal (TMN). El Tamaño Máximo

Nominal es de  $3/8''$ , se obtuvo percatándose del primer retenido que corresponde al menor tamiza de la serie utilizada y el Tamaño Máximo de  $1/2''$ , que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra. Por otro lado, el porcentaje que pasa de agregado grueso cumple según el HUSO 08 de la figura 9 de la NTP 400.037. Esto significa que, el agregado grueso presenta una gradación variada de sus partículas y que, durante la elaboración del concreto, estas tendrán un mejor acomodamiento en la pasta de concreto fresco, que nos permitirá mejorar la resistencia a compresión del concreto y su durabilidad.

- En el análisis de peso unitario seco suelto (PUSS) del agregado fino se obtuvo el valor de  $1620 \text{ kg/m}^3$ ; para el agregado grueso de  $1430 \text{ kg/m}^3$  y para el relave minero de  $1270 \text{ kg/m}^3$ , siendo estos resultados el promedio de los tres ensayos realizados.

- En el ensayo de peso unitario seco compactado (PUSC) del agregado fino se obtuvo  $1760 \text{ kg/m}^3$ , del agregado grueso  $1550 \text{ kg/m}^3$  y del relave minero  $1500 \text{ kg/m}^3$ . Este ensayo cumplió todos los requisitos establecidos por la norma NTP 400.017:2011, por ende, se obtuvieron resultados típicos y generalizados.

- De acuerdo a los ensayos realizados se obtuvieron también valores de Peso Específico, tanto para el agregado grueso, agregado fino y relave minero, de  $2.42 \text{ gr/cm}^3$ ,  $2.41 \text{ gr/cm}^3$  y  $3.43 \text{ gr/cm}^3$  respectivamente, tal como se puede apreciar en las tablas 55, 55 y 60. Además, valores de absorción, igualmente tanto para el agregado grueso, agregado fino y relave minero de 4.324%, 4.450% y 1.843% respectivamente, siendo estos últimos, datos que debemos controlar en el diseño de mezcla.

- Finalmente, luego de analizar los resultados expuestos en las tablas anteriores, podemos elaborar concretos que cumplan acertadamente con nuestros diseños de mezcla.

#### **4.1.2. Análisis Químico del Relave Minero**

De acuerdo al análisis químico que se realizó a una muestra del relave minero proveniente de la Relavera Santa Catalina, se pueden observar de los resultados, que el relave minero está compuesto en mayor proporción por plata (107.74 g/tm) y hierro (27.83%) y en menores cantidades de oro (2.36 gr/tm), cobre (0.50%), zinc (0.45%), así como otros metales en pequeñas proporciones. Asimismo, se pudo observar que este relave cumple, ya que no contiene restos orgánicos, cloruros, que pueden llegar a degradar el concreto o conllevar a que se produzca un deterioro del mismo.

#### **4.1.3. Análisis del Diseño de mezcla del concreto**

Mediante el diseño de mezcla patrón se ha logrado obtener un concreto de acuerdo a como nos indica la norma del método de diseño de mezclas del comité ACI 211. Este diseño de mezcla cumple con la expectativa de calidad para un concreto de  $f'c = 150$  kg/cm<sup>2</sup>, ya que se logró una resistencia a compresión apropiada a la edad de 28 días y a su vez tuvo una buena manejabilidad durante el llenado de las probetas. Las características de los agregados y la calidad del cemento fueron un factor importante para la manejabilidad del concreto. La cantidad de materiales por m<sup>3</sup> son: 341.32 kg de cemento, 228 kg de agua, 819.70 kg de agregado fino, 712.08 kg de agregado grueso y con un contenido de aire de 3.0%. Los datos mencionados con anterioridad son peso corregidos por humedad. (Ver tabla 64).

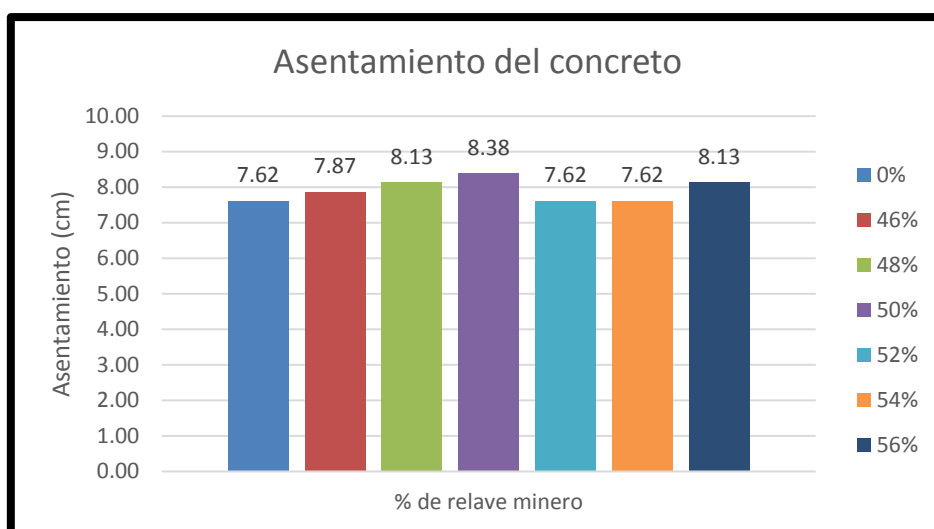
#### **4.1.4. Análisis del Asentamiento del concreto**

El asentamiento de la probeta patrón es igual a 7.62 cm (3"), en otras palabras, cumple el diseño de mezcla, puesto que se diseñó con un asentamiento de 3" a 4". Asimismo, el asentamiento de las mezclas a las que se le añadieron 46%, 48%, 50%, 52%, 54% y 56% de relave minero respectivamente, tuvieron un asentamiento de 7.62 cm (3"), por lo cual también cumplen con el diseño de mezcla.



**Figura 27**

*Asentamiento de las mezclas con diferente % de relave minero*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

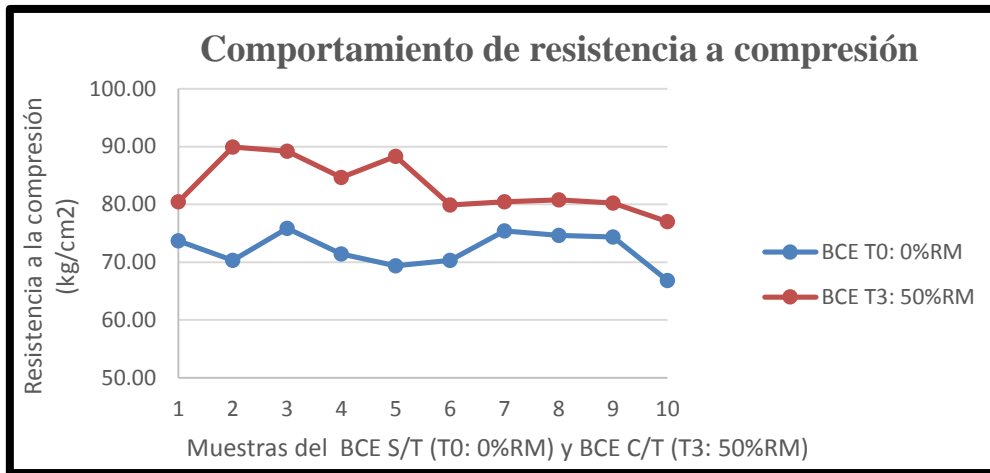
#### 4.1.5. Análisis de la Resistencia a la compresión de bloques de concreto ensamblables

Para la elaboración de un total de 20 bloques de concreto ensamblables, se utilizó moldes metálicos que tienen un mecanismo de ensamblado la cual consta de diferentes partes por lo que se arman entre sí. Este tipo de molde nos permite fabricar bloques de concreto ensamblable con dimensiones de 40 cm x 12 cm x 20 cm. Se realizó la prueba de resistencia a la compresión a la edad de 28 días de curado. Por tanto, se ensayó 20 probetas a la edad mencionada con anterioridad. Asimismo, como tenemos 2 tipos de porcentajes (0% y 50%) se tomó 10 testigos que se le adicionó un 0% de relave minero del peso total del agregado fino (probetas patrón) y 10 testigos que se le adicionó un 50% de relave minero del peso total del agregado fino.

A los 28 días, la resistencia promedio de los bloques de concreto ensamblables con 0% y 50 % de relave minero fueron de 72.22 kg/cm<sup>2</sup> y 83.10 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 28**

*Comportamiento de resistencia a compresión de los bloques de los bloques de concreto ensamblables*



Fuente: Elaboración propia, 2020

**Tabla 101**

*Máxima, mínima y promedio de resistencia y a la compresión de BCE*

Tratamiento	N	Media	Varianza	Mínimo	Máximo
<b>T0: 0% RM</b>	10	72.22	9.03120733	66.82	75.88
<b>T3: 50% RM</b>	10	83.10	20.97822298	76.99	89.92
<b>TOTAL</b>	20	77.66	71.3656725	66.82	89.92

Fuente: Elaboración propia, 2020

**Tabla 102**

*Condición de Resistencia a la compresión promedio de BCE (f'b)*

Tratamiento	Resistencia Media de BCE (F'b)	Resistencia mínima de BC Según NTP 399.602	Condición
<b>T0: 0% RM</b>	72.22 kg/cm <sup>2</sup>	70.00 kg/cm <sup>2</sup>	<b>CUMPLE</b>
<b>T3: 50% RM</b>	83.10 kg/cm <sup>2</sup>		<b>CUMPLE</b>

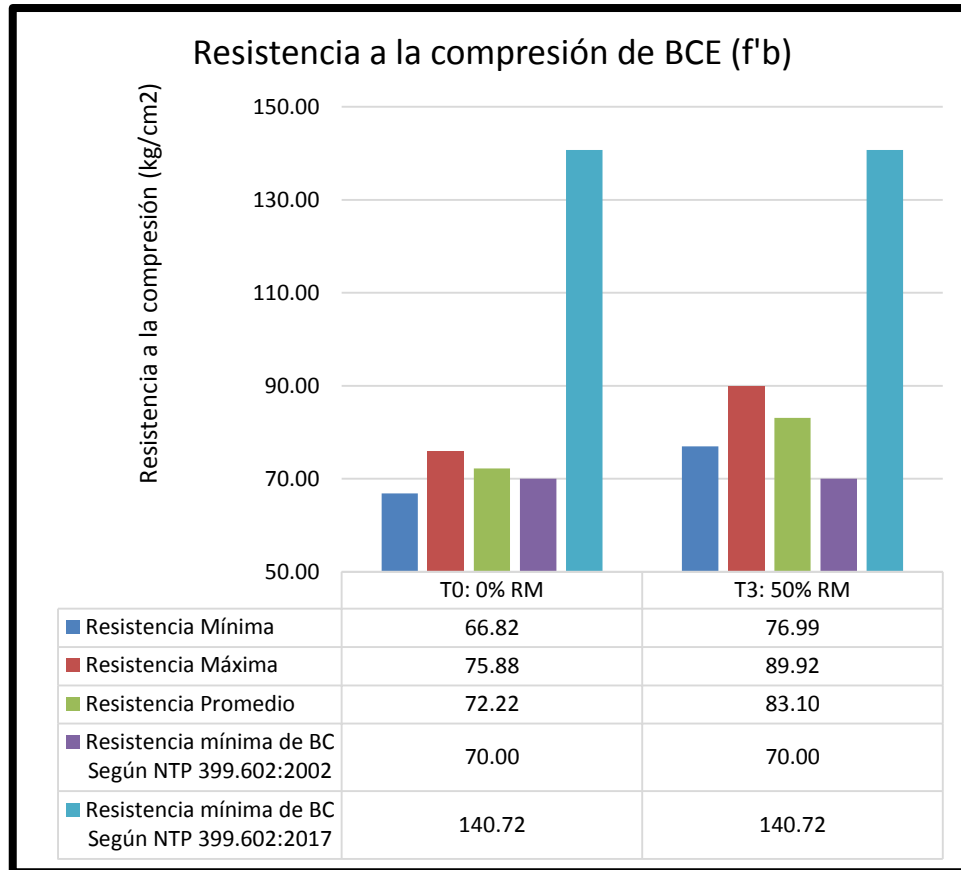
Fuente: Elaboración propia, 2020

Para una mejor interpretación de los resultados se muestra el siguiente gráfico, donde se observa con mayor detalle en la figura 29.

**Figura 29**

*Comparación del comportamiento de resistencia a compresión del BCE T0: 0%RM y BCE*

*T3: 50%RM*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

La Resistencia a la compresión de BCE (f'b), con tratamiento T3: 50%RM obtiene mejores resultados, mejorando la resistencia en un 15.06% con respecto al T0: 0%RM, por lo que se puede decir que la incorporación del Relave Minero en un 50% como sustituto del agregado fino, incide favorablemente en la resistencia a la compresión del bloque de concreto tipo ensamblable.

Según Rojas & Ventura (2017), mencionan que el relave minero puede ser utilizado como sustitución porcentual del agregado fino. Asimismo, menciona que tuvo en sus resultados que el 50% de relave minero añadido al concreto como reemplazo del agregado fino aumentó

su resistencia a la compresión ( $83.10 \text{ kg/cm}^2$ ) con respecto a la probeta patrón ( $72.22 \text{ kg/cm}^2$ ) a los 28 días para un concreto de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual coincide con nuestros resultados finales de la resistencia a la compresión mencionados anteriormente.

Del mismo modo, los resultados obtenidos cumplen con la norma NTP 399.602:2002, la cual indica que la resistencia mínima del bloque que es  $f'c = 70 \text{ kg/cm}^2$ , sin embargo, para la norma vigente actualizada NTP 399.602:2017 “Bloques de concreto para uso estructural”, que establecen los requisitos los requisitos que deben cumplir los bloques de concreto sólidos y huecos empleados en muros capaces de resistir cargas, la resistencia mínima es  $f'c = 140.72 \text{ kg/cm}^2$ , por lo que no alcanza y se tendría que modificar los porcentajes o la resistencia de diseño a utilizar.

A partir de los resultados encontrados, aceptamos la hipótesis general que establece que existe una mejora en la resistencia a la compresión del concreto respecto al diseño de mezcla patrón de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ , cuando se le adiciona relave minero en un 50% de reemplazo de agregado fino.

Por otro lado, se realizó el análisis de precios unitarios de las dosificaciones patrón y 50% de adición de relave minero en bloques de concreto ensamblable, siendo este último la dosificación óptima con un ahorro del 2%. En la siguiente tabla se muestra los precios de la elaboración de cada bloque ensamblable con su respectivo tratamiento.

**Tabla 103**

*Precios por unidad de BCE*

<b>Descripción</b>	<b>Precio por unidad de BCE</b>
<b>BCE Con 0% RM</b>	S/. 2.39
<b>BCE con 50% RM</b>	S/. 2.35

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Asimismo, se realizó el análisis de precios para la elaboración de un metro cuadrado de muro, comparando un muro a base de ladrillo de arcilla, de bloques de concreto convencionales y con la unidad de albañilería propuesta (BCE). En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos.

**Tabla 104**

*Costo de un metro cuadrado de muro*

<b>Material</b>	<b>Costo de un metro cuadrado de muro</b>
Ladrillo de arcilla tipo IV	S/.54.74
Bloque de concreto convencional	S/.70.14
Bloque de concreto tipo ensamblable	S/.89.96

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

En resumen, un metro cuadrado de muro con la unidad de albañilería propuesta en comparación con el muro de ladrillo de arcilla o bloque de concreto convencional, resulta la propuesta más cara, sin embargo, gracias a este estudio se demostró que este tipo de bloque posee una resistencia mucho mayor a comparación de los otros bloques.

#### **4.1.6. Análisis descriptivo del porcentaje de absorción de Bloques de concreto tipo ensamblable (%)**

Se realizará la comparación del resultado del porcentaje de absorción del BCE patrón y los BCE con tratamiento; así como también la comparación de estos, con el porcentaje de absorción mínima que debe tener un bloque de concreto (BC) tipo P, según RNE E.070, tal análisis comparativo se presenta a continuación:

**Tabla 105**

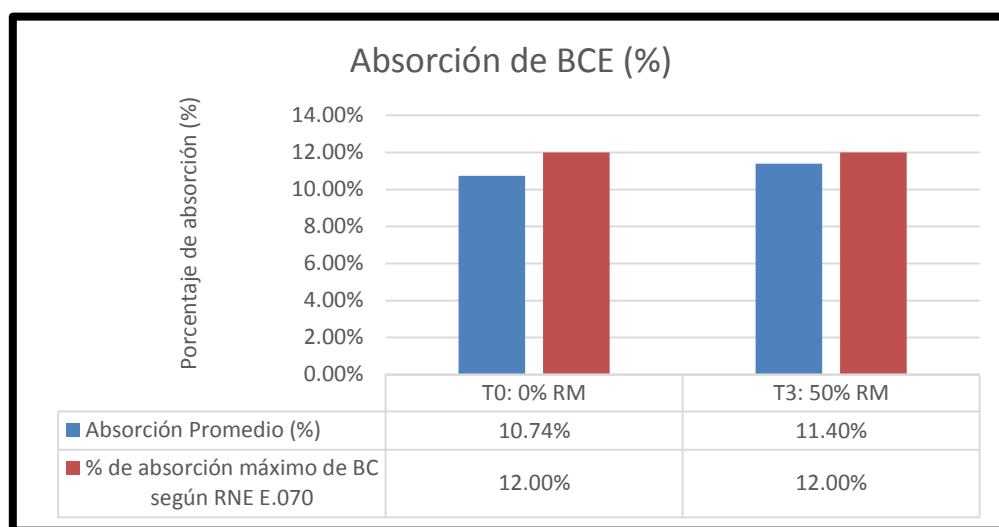
*Condición de porcentaje de Absorción de BCE patrón y BCE de T3*

Tratamiento	Absorción Promedio (%)	% de absorción máximo de BCE según RNE E.070	Condición
T0: 0% RM	10.74%	12.00%	CUMPLE
T3: 50% RM	11.40%		CUMPLE

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 30**

*Comparación del comportamiento de la absorción del BCE T0: 0%RM y BCE T3: 50%RM*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

A pesar de que el porcentaje de absorción de los BCE con tratamiento T3: 50%RM es mucho mayor que el porcentaje de absorción de BCE patrón T0: 0%RM; los bloques de concreto tipo ensamblable con tratamiento están dentro del rango de % de absorción que estipula la norma RNE E.070, por lo que se puede decir que la incorporación del Relave Minero en un 50% como sustituto del agregado fino, incide favorablemente en el porcentaje de absorción del bloque de concreto tipo ensamblable.

#### 4.1.7. Clasificación de Bloques de concreto tipo ensamblable según a su densidad (Kg/m<sup>3</sup>)

Según la norma técnica peruana NTP 339.602:2017. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos, según sus agregados se clasifican en:

**Tabla 106**

*Clasificación de bloques de concreto según sus agregados*

<b>Clasificación de bloques de concreto según sus agregados</b>		
<b>Clasificación</b>	<b>Tipo de agregado</b>	<b>Densidad</b>
Normal	Agregados normales	2000 kg/m <sup>3</sup> a más
Medio	Mezcla de agregados normales con livianos	Entre 1680 a 2000 kg/m <sup>3</sup>
Livianos	Agregados 100% livianos	Menor a 1680 kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Tomada de Tabla 3 de la NTP 399.602:2017

Donde a continuación se clasifica el BCE según a la Tabla 106.

**Tabla 107**

*Clasificación según a su Densidad de BCE T0:0%RM y BCE de T3:50%RM*

<b>Tratamiento</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Clasificación</b>
<b>T0: 0% RM</b>	2129.95	NORMAL
<b>T3: 50% RM</b>	2005.95	NORMAL

**Fuente:** Elaboración propia.

Los bloques de concreto tipo ensamblable elaborados en la presente tesis se clasifican según sus agregados como normales ya que son una mezcla de agregados normales y presenta una densidad mayor a 2000 kg/m<sup>3</sup>.

Según la tesis de Rojas & Ventura (2017), mencionan que tuvieron en sus resultados de sus densidades de los bloques de concreto ensamblables patrones (T0: 0% RM) un valor de 2267.033 kg/m<sup>3</sup> y de 2091.514 kg/m<sup>3</sup> los bloques añadidos con el 50% de relave minero (T3: 50% RM), teniendo ambos una clasificación de bloques “pesados”, concordando con nuestros resultados y nuestra clasificación.

#### 4.2. Conclusiones

De acuerdo a lo desarrollado en los capítulos anteriores y en base a los objetivos planteados al inicio de esta investigación, queda demostrado que es factible utilizar el Relave minero procedente de la Relavera Santa Catalina de la Mina Quiruvilca como sustituto del agregado fino, por las siguientes razones:

- El análisis químico del relave minero tuvo como resultados una composición de metales no perjudiciales para la mezcla de concreto, ya que no contiene restos orgánicos, cloruros, que pueden llegar a degradar el concreto o conllevar a que se produzca un deterioro.
- Las resistencias a compresión alcanzada en las probetas con los diferentes tratamientos tuvieron un proceso de curado a una temperatura promedio de 16.94°C durante 28 días.
- Los resultados del análisis de ANOVA confirman la influencia significativa del porcentaje de Relave Minero sobre la resistencia a la compresión del concreto curado durante 28 días, determinando así que el relave minero influye con mayor significancia al tratamiento T3: 50%RM., debido a que este tratamiento obtiene una mejor resistencia a compresión.
- Las probetas de concreto elaborados con 50% de Relave Minero como remplazo al agregado fino, presenta características de resistencia a la compresión bastante



cercana a la dosificación patrón y mejor a diferencia de los demás tratamientos, por lo tanto, es óptimo para la elaboración del BCE.

- Las adiciones de relave minero en proporciones de 46% y 56% influyen negativamente reduciendo la resistencia a compresión en el concreto.

El desempeño del relave minero en el BCE es favorable debido a las propiedades físicas y mecánicas que presentan:

- Las resistencias a compresión alcanzada en los bloques de concreto tipo ensamblable tuvieron un proceso de curado a una temperatura promedio de 16.95°C durante 28 días.
- El desempeño en la propiedad de resistencia a la compresión del BCE elaborado con T3: 50% RM como remplazo al agregado fino, es el más óptimo debido a que en comparación con T0: 0%RM (patrón) incrementa su resistencia en un porcentaje de 15.06% y así mismo está dentro de lo estipulado en la norma NTP 399.602.
- El desempeño en la propiedad de absorción del BCE elaborado con T3: 50% RM como remplazo al agregado fino, es óptimo debido a que en comparación con los requisitos mínimos estipulado en la norma NTP 399.602, ésta cumple.
- Una de las características de este tipo de bloque es la simplicidad de su elaboración ya que no se utilizaron aditivos, ni agregados difíciles de obtener, además el curado se realizó a temperatura de ambiente, por lo que puede adaptarse en cualquier centro minero.
- Los huecos del BCE ofrecen facilidad para la colocación de diversos ductos principalmente para refuerzos verticales, así mismo para instalaciones eléctricas.
- Al proponer la utilización del 50% del Relave Minero como sustituto del agregado fino, se está contribuyendo con el medio ambiente, ya que el desecho de los centros

mineros y la extracción excesiva del agregado hoy en día son algunas de las mayores problemáticas ambientales.

## RECOMENDACIONES

En conformidad a lo concluido por la presente investigación y para futuras investigaciones que trabajen con este tipo de bloque de concreto tipo ensamblable, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Realizar estudios en donde se analicen esta unidad de albañilería con una resistencia mayor a  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$  y ver cómo influyen los mismos porcentajes o diferentes en las propiedades físicas y mecánicas para alcanzar la resistencia mínima vigente.
- Este tipo de concreto con incorporación de relave minero es recomendable utilizar no solo en bloques de concreto tipo ensamblable, también es posible usar en adoquines, pavimentos, veredas y otros.
- Se recomienda fabricar bloques de concreto tipo ensamblable en las áreas cercanas a los centros mineros ya que los materiales se encuentran al alcance para su elaboración.
- Se recomienda usar el bloque de concreto tipo ensamblable en la construcción de viviendas de bajo coste aledañas a los centros mineros, debido a que el proceso constructivo con este material se agiliza al no tener que moldear columnas, ni esperar el fraguado de las juntas, así como también sin la necesidad de contar con mano de obra calificada.
- Se recomienda realizar una prueba que determine la proporción o porcentaje de cianuro al relave minero para verificar si es perjudicial para el bloque de concreto.

## REFERENCIAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú.
- Acosta, L. (2014). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de bloques huecos de concreto con la adición de fibras de polipropileno*. Caracas, Venezuela.
- American Concrete Institute 211. (2002). *Práctica Estándar para seleccionar el proporcionamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo*. ACI.
- American Concrete Institute 301. (2005). *Especificación para concreto estructural*. ACI.
- Arrieta, J. & Peñaherrera, E. (2001). *Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora*. Lima, Perú.
- Calhua, H. (2018). *Resistencia de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con cemento sustituido en 5%, 10% y 15% por relave de la mina Antamina*. Chimbote, Perú.
- Ceballos, M. (2016). El concreto, material fundamental para la infraestructura. *Revista Construcción y Tecnología en Concreto* Recuperado en agosto del 2019, de <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/agosto2016/experto.pdf>
- Curo, E. & Rashuamán, P. (2015). *Diseño de mezcla de concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  adicionando relave minero de la relavera N°09 – Acchilla – Ccochaccasa, para tránsito ligero (Método ACI), en el distrito de Lircay, provincia de Angaraes – Huancavelica*. Huancavelica, Perú.
- Cruzado, E. & Bravo, F. (2010). *Impacto de los Relaves Minero en el Perú*. Departamento de Investigación y Documentación Parlamentaria.
- Espinoza, M. (2015). *Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar*. Cuenca, Ecuador.

- Guzmán, Y. & Guzmán, E. (2015). *Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote – 2015*. Chimbote, Perú.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Recuperado en agosto del 2019, de [https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)
- Hernández, Z. (2012). Métodos de análisis de datos: apuntes. *Material Didáctico: Matemáticas N°6*. Recuperado en agosto del 2019, de [https://www.todostuslibros.com/libros/metodos-de-analisis-de-datos\\_978-84-615-7579-4](https://www.todostuslibros.com/libros/metodos-de-analisis-de-datos_978-84-615-7579-4)
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W. & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Illinois, Estados Unidos.
- Llique, Y. (2014). *Comparación de la resistencia a compresión de concreto común y otros concreto usando relaves mineros en proporciones del 25% y 50% de la dosificación del agregado fino*. Cajamarca, Perú.
- Marchesi, O., Gaveglia, F. & Salicetti, H. (2013). *Industria Minera Guía de Negocios en el Perú*. Lima: PWC.
- Melgarejo, Y. (2018). *Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con sustitución del cemento en 4% y 8% por relave de la mina Potosí*. Huaraz, Perú.
- Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2002). *Gestión de Residuos Industriales Sólidos Mineros y Buenas Prácticas. Consejo minero*.
- Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2018). *Producción y Exportaciones. Anuario Minero 2018*.

Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2019). Equipamiento Minero registra incremento de 70.6%. *Boletín Estadístico Minero*.

Ministerio de Minería de Chile. (2007). Reglamento para la Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves. *Diario oficial*.

Mora, L. (2012). *Tradingcenter*. Recuperado en agosto del 2019, de <https://tradingcenter.wordpress.com/2009/11/11/que-es-la-desviacion-estandar-y-como-interpretarla-1/>

Navarro, E. & Forero, H. (2017). *Mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto con Nanotubos de Carbono*. Culiacán, México.

NRMCA. (2003). *El concreto en la práctica que, por qué & cómo?* National Ready Mixed Concrete Association.

NTP 339.033. (2015). *CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. Lima: INDECOPI.

NTP 339.034. (2015). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima: INDECOPI.

NTP 339.035. (2009). *HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. Lima: INDECOPI.

NTP 339.088. (2006). *HORMIGON (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. Lima: INDECOPI.

NTP 339.185. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima: INDECOPI.

NTP 399.602. (2017). *UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos.* Lima: INDECOPI

NTP 399.604. (2002). *UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayos de unidades de albañilería de concreto.* Lima: INDECOPI.

NTP 399.613. (2005). *UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.* Lima: INDECOPI

NTP 400.012. (2013). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.* Lima: INDECOPI.

NTP 400.017. (2011). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.* Lima: INDECOPI.

NTP 400.021. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.* Lima: INDECOPI.

NTP 400.022. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.* Lima: INDECOPI.

NTP 400.037. (2018). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos.* Lima: INDECOPI.

NTP 400.043. (2015). *AGREGADOS. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo.* Lima: INDECOPI.

Psyma. (2015). Recuperado en agosto del 2019, de <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tama%C3%B1o-de-una-muestra>

Quiche, J. (2016). *Diseño de mezcla de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando relave minero para tránsito ligero relavera Pacococha – P Vireeyna – Castro Virreyña – Huancavelica*. Huancayo, Perú.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006). *Norma E.0.70*. Albañilería. Lima, Perú.

Rodríguez, J. & Ulloa, F. (2018). *Influencia de la sustitución del agregado fino por relave minero en la resistencia a la compresión y permeabilidad de un concreto de bajo tránsito, Parcoy – La Libertad - 2018*. Trujillo, Perú.

Rojas, L. & Ventura, L. (2017). *Utilización del relave minero para la elaboración de bloques de concreto tipo ensamblable*. Huancavelica, Perú.

Romero, A., Flores, S. (2010). Reuso de relaves minero como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*. Recuperado en agosto del 2019, de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/6193>

Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Recuperado en agosto del 2019, de [https://www.academia.edu/35759848/Tecnolog%C3%ADa\\_del\\_concreto\\_y\\_del\\_mortero\\_Diego\\_S%C3%A1nchez\\_De\\_Guzm%C3%A1n-Bhandar\\_Editores](https://www.academia.edu/35759848/Tecnolog%C3%ADa_del_concreto_y_del_mortero_Diego_S%C3%A1nchez_De_Guzm%C3%A1n-Bhandar_Editores)

Sánchez, R. (2015). T-Student. Usos y abusos. *Revista Mexicana de cardiología*. Recuperado en agosto del 2019, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0188-21982015000100009&lng=es&nrm=i&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-21982015000100009&lng=es&nrm=i&tlng=es)

San Bartolome, A., Quiun, D. & Silva, W. (2011). Diseño y construcción de estructuras sismo resistentes de albañilería. *Construcciones de Albañilería*. Recuperado en agosto del 2019, de

[https://www.academia.edu/36271075/LIBRO\\_DE\\_ALBA%C3%91ILERIA.\\_ANGEL\\_SAN\\_BARTOLOME](https://www.academia.edu/36271075/LIBRO_DE_ALBA%C3%91ILERIA._ANGEL_SAN_BARTOLOME)

Soto, E. (2017). *Reaprovechamiento de residuos industriales de la Minería – Metalúrgica y poliestireno expandido, en la elaboración de adoquines para Piso Rímac – 2017*. Lima, Perú.

Terreros, L. & Carvajal, I. (2016). *Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo*. Bogotá, Colombia.

Vicéns, J., Herrarte, A. & Medina, E. (2005). *Análisis de la Varianza (ANOVA)*. Recuperado en agosto del 2019, de [https://www.academia.edu/34234951/AN%C3%81LISIS\\_DE\\_LA\\_VARIANZA\\_ANOVA](https://www.academia.edu/34234951/AN%C3%81LISIS_DE_LA_VARIANZA_ANOVA)



**ANEXOS**

**ANEXO N°01: CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIO**

**SOLICITUD DE PERMISO DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**

Trujillo, 25 de abril de 2019

**A** : ING. AZAÑEDO MEDINA HENRY WISTON  
Director de la carrera ingeniería civil – Universidad Privada del Norte

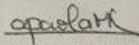
**ASUNTO** : SOLICITA PERMISO DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE


Es un alto honor dirigirnos ante Usted y a la vez expresarle nuestro cordial y afectuoso saludo, y hacer de su conocimiento que, estando en el mes de Abril, donde estamos iniciando los ensayos para la sustentación de tesis para adquirir el título profesional de ingeniero civil, el cual requiere de resultados para su proceso final, tenemos previsto realizar ensayos en el cual debemos hacer uso del laboratorio de la Universidad Privada del Norte, por otro lado nos hacemos responsables de ser cuidadosos y juiciosos con las herramientas a utilizar para el diseño de concreto, todo ello es medida de apoyo, siendo así una medida eficaz para el desarrollo óptimo a favor de nuestra investigación, por consiguiente se estaría finalizando todas nuestras actividades ya programadas respecto a nuestra tesis en la provincia de Trujillo – departamento de la Libertad.

Siendo conocedores que su Representada, en la medida de sus posibilidades que brinda apoyo a alumnos de la Universidad Privada del Norte – Ingeniería civil que lo solicitan, es por ello que nos permitimos SOLICITAR EL PERMISO DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, y de esta manera finalizar nuestra tesis, en forma integral y efectiva.


Propicia la oportunidad para testimoniarle las muestras de nuestra especial consideración y estima.

Atentamente,

  
.....  
Paola Jazmín Mercado Cortijo

  
.....  
Alex Kenyi Reyna Marquina

*OK - Ver disponibilidad.*





**ANEXO N°03: NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.012 ANÁLISIS  
GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL**

**NORMA TÉCNICA** **NTP 400.012**  
**PERUANA** **2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI  
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado  
fino, grueso y global**

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

**2013-01-16**  
**3ª Edición**

R.0006-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-02-01 Precio basado en 15 páginas

LC.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis granulométrico

© INDECOPI 2013

**ANEXO N°04: NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 399.185 MÉTODO DE  
ENSAYO NORMALIZADO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL  
EVAPORABLE DE AGREGADOS POR SECADO**

**NORMA TÉCNICA** **NTP 399.185**  
**PERUANA** **2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI  
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para  
contenido de humedad total evaporable de agregados por  
secado**

CONCRETE. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 566-13  
Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying. Derecho de autor  
de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por  
autorización de ASTM International

2013-08-07  
2ª Edición

R.0054-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-08-24

Precio basado en 08 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Agregados, secado, contenido de humedad

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2013

**ANEXO N°05: NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.017 MÉTODO DE  
ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE  
VOLUMEN O DENSIDAD Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS**

<b>NORMA TÉCNICA PERUANA</b>	<b>NTP 400.017 2011</b>
Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI Calle De la Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú	
<p><b>AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados</b></p> <p>AGGREGATE. Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate</p> <p>Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 29/C29M-2009 Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International</p> <p>2011-02-02 3ª Edición</p> <p>R.0002-2011/ CNE- INDECOPI. Publicada el 2011-03-12 I.C.S.: 91.100.30</p> <p>Precio basado en 14 páginas ESTA NORMA ES RECOMENDABLE</p> <p>Descriptores: Agregados, densidad de masa, agregado grueso, densidad, agregado fino, peso unitario, vacíos en agregados</p>	

**ANEXO N°06: NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.022 MÉTODO DE  
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA Y  
ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**

<b>NORMA TÉCNICA PERUANA</b>	<b>NTP 400.022 2013</b>
Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú	
<p><b>AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino</b></p> <p>AGGREGATES. Standard test method Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate</p> <p>Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 128-2012 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International</p> <p><b>2013-12-26</b> <b>3ª Edición</b></p>	
R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16 I.C.S.: 91.100.30	Precio basado en 20 páginas <b>ESTA NORMA ES RECOMENDABLE</b>
Descriptores: absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado fino, densidad relativa, gravedad específica	
© ASTM 2012 - © INDECOPI 2013	









**ANEXO N°10: NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.034 METODO DE  
ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA  
A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, EN MUESTRAS CILÍNDRICAS**

<b>NORMA TÉCNICA PERUANA</b>	<b>NTP 339.034 2015</b>
Dirección de Normalización - INACAL Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)	Lima, Perú
 <b>CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas</b>	
Concrete Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens	
Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C 39/C 39M:2015 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International	
<b>2015-12-22 4ª Edición</b>	
R.N°015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31	Precio basado en 19 páginas
I.C.S.: 91.100.30	<b>ESTA NORMA ES RECOMENDABLE</b>
Descriptor: Hormigón, concreto, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas	



**ANEXO N°12: NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 399.602 BLOQUES DE  
CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL**

**NORMA TÉCNICA** **NTP 399.602**  
**PERUANA** **2017**

Dirección de Normalización - INACAL  
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Bloques de concreto  
para uso estructural. Requisitos**

MASONRY UNITS. Standard specification for loadbearing concrete masonry units. Specifications

**2017-12-27**  
**2ª Edición**

R.D. N° 057-2017-INACAL/DN. Publicada el 2018-01-03

Precio basado en 13 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Albañilería, bloque de concreto; elemento de concreto; unidad; resistencia a la compresión; albañilería armada, albañilería confinada

© INACAL 2017

### ANEXO N°13: DISEÑO DE MEZCLA ACI 211

Se realizará el diseño para un concreto de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ , se considera un asentamiento de 3" a 4" porque se quiere obtener una mezcla plástica, y cemento Portland Tipo I usado para obras en general.

-  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$

- TMN = 3/8"

- Slump = 3" a 4"

- Cemento = Pacasmayo Tipo I sin aire incorporado

A continuación, se presenta los siguientes pasos a seguir:

✓ **Selección de la resistencia a la compresión requerida ( $f'cr$ ):**

Se calculó la resistencia a la compresión requerida mediante la siguiente tabla.

**Tabla 108**

*Selección de resistencia a la compresión requerida*

$f'c$	$f'cr$
$f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 < f'c < 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'c + 84 \text{ kg/cm}^2$
$f'c > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'c + 98 \text{ kg/cm}^2$

**Fuente:** Método ACI 301

Obteniendo el  $f'cr$  de la siguiente manera:

$$f'cr = 150 + 70 = 220 \text{ kg/cm}^2$$

✓ **Selección del asentamiento de diseño:**

Luego se seleccionó el asentamiento de acuerdo a los siguientes valores que nos brinda el ACI 211.

**Tabla 109**
*Selección de asentamiento según el tipo de estructuras*

<b>Tipo de Estructura</b>	<b>Slump Máx.</b>	<b>Slump Mín.</b>
<b>Zapatas y muros de cimentación reforzados</b>	3"	1"
<b>Cimentaciones simples y calzaduras</b>	3"	1"
<b>Vigas y muros armados</b>	4"	1"
<b>Columnas</b>	4"	1"
<b>Muros y pavimentos</b>	3"	1"
<b>Concreto Ciclópeo</b>	2"	1"

**Fuente:** Método ACI 211

El asentamiento que se escogió para este diseño es de 3" a 4" para un concreto que será destinado a muros, la cual es necesario que el concreto tenga una consistencia plástica y buena trabajabilidad.

✓ **Cálculo del agua de la mezcla y contenido de aire:**

La cantidad de agua será de 228 l/m<sup>3</sup> para este diseño; esto se obtuvo interceptando el valor del asentamiento y del TMN. Además, el contenido de aire es de 3% este resultado depende del TMN del agregado.

**Tabla 110**
*Selección de requerimientos de agua de mezclado y contenido de aire*

<b>Requerimientos aproximados de agua de mezclado de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados</b>									
<b>Asentamiento o Slump</b>		Agua en lt/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados							
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concretos sin aire incorporado</b>									
<b>1" a 2"</b>	<b>25 a 50</b>	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>3" a 4"</b>	<b>75 a 100</b>	228	216	205	193	181	169	145	124
<b>6" a 7"</b>	<b>150 a 175</b>	213	228	216	202	190	178	160	-

Cantidad aproximada de aire atrapado, en porcentaje		3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>Concretos con aire incorporado</b>									
1" a 2"	25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	-
<b>Promedio recomendado para el contenido total de aire, en porcentaje</b>									
<b>Exposición leve</b>		4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
<b>Exposición moderada</b>		6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
<b>Exposición severa</b>		7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: Método ACI 211

✓ **Selección de la relación agua y cemento (A/C):**

La relación agua y cemento para un concreto con  $f'_{cr}$  de  $220 \text{ kg/cm}^2$  se obtiene interpolando los valores de  $200 \text{ kg/cm}^2$  y  $250 \text{ kg/cm}^2$ . El valor de la relación agua y cemento es de 0.668.

**Tabla 111**

*Selección de relación Agua – Cemento*

<b>Relación Agua - Cemento y Resistencia a la Compresión del Concreto</b>		
<b>Resistencia a la Compresión a los 28 días (<math>f'_c</math>) (<math>\text{kg/cm}^2</math>) (Mpa)</b>	<b>Relación Agua - Cemento de Diseño en Peso</b>	
	<b>Concreto sin aire incorporado</b>	<b>Concreto con aire incorporado</b>
450 (45)	0.38	---
400 (40)	0.43	---
350 (35)	0.48	0.40
300 (30)	0.55	0.46
250 (25)	0.62	0.53
200 (20)	0.70	0.61
150 (15)	0.80	0.71

Fuente: Método ACI 211

$$200 \underline{\hspace{2cm}} 0.70$$

$$220 \underline{\hspace{2cm}} X$$

$$250 \underline{\hspace{2cm}} 0.62$$

$$a/c: 0.668$$

✓ **Cálculo del contenido de cemento:**

Con los datos conseguidos anteriormente (a/c y contenido de agua) se calcula el contenido de cemento en kg/m<sup>3</sup>.

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{\text{Contenido de agua} \left(\frac{l}{m^3}\right)}{\text{Relación} \left(\frac{a}{c}\right)}$$

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{228 \left(\frac{l}{m^3}\right)}{0.668 \left(\frac{a}{c}\right)}$$

$$\text{Contenido de cemento} = 341.32 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$$

$$\text{Factor Cemento} = 8.031 \left(\frac{\text{Bolsas}}{m^3}\right)$$

✓ **Estimación del agregado fino y grueso:**

Se obtuvo el peso del agregado grueso mediante la siguiente tabla que proporciona el valor de b/b<sub>0</sub> donde b<sub>0</sub> y b son los pesos unitarios secos y sin compactar respectivamente del agregado grueso.

Según el módulo de finura obtenido en la granulometría del agregado fino y el TMN se procedió a obtener el volumen en m<sup>3</sup> de agregado grueso como el módulo de finura del agregado fino, como no se encuentra en la tabla se interpola.



**Tabla 112**

*Selección de volumen de agregado grueso*

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen del agregado grueso varillado (compactado) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino			
	Módulo de Finura del Agregado Fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

**Fuente:** Método ACI 211

$$\begin{aligned} & 2.8 \frac{0.46}{2.826} \\ & 3.00 \frac{0.44}{3.00} \\ & b/b_0: 0.46 = \text{Factor AG} \end{aligned}$$

El peso seco del agregado grueso se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Peso seco AG} = PUSC (AG) \times \text{Factor AG}$$

$$\text{Peso seco AG} = 1548.001 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.46$$

$$\text{Peso seco AG} = 712.08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

El volumen del agregado grueso se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Volumen del AG} = \frac{\text{Peso seco AG}}{P_{em} \text{ AG}}$$

$$\text{Volumen del AG} = \frac{712.08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2411.61 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$Volumen\ del\ AG = 0.295\ m^3$$

Para mejor comprensión, los datos obtenidos se colocarán en un cuadro:

**Tabla 113**

*Resumen parcial de los pesos secos y volúmenes de los materiales*

<b>Insumo</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen absoluto (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>	341.32	0.109
<b>Agua</b>	228	0.228
<b>A. F.</b>	-	-
<b>Aire</b>	3.0%	0.030
<b>A. G.</b>	712.08	0.295
<b>TOTAL</b>		0.662

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Estimación del agregado fino: El volumen del agregado fino se obtendrá restando el volumen total y el total de volúmenes absolutos.

$$Volumen\ AF = Volumen\ total - Total\ de\ volúmenes\ absolutos$$

$$Volumen\ AF = 1\ m^3 - 0.662\ m^3$$

$$Volumen\ AF = 0.338\ m^3$$

Peso del agregado fino:

$$Peso\ seco\ AF = Pem\ AF \times Volumen\ AF$$

$$Peso\ seco\ AF = 2424.95 \frac{kg}{m^3} \times 0.338\ m^3$$

$$Peso\ seco\ AF = 819.70 \frac{kg}{m^3}$$

A continuación, se presenta un cuadro con todos los datos obtenidos para el diseño de mezcla:

**Tabla 114**

*Resumen final de los pesos secos y volúmenes de los materiales*

<b>Insumo</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen absoluto (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>	341.32	0.109
<b>Agua</b>	228.00	0.228
<b>A. F.</b>	819.70	0.338
<b>Aire</b>	3.0%	0.030
<b>A. G.</b>	712.08	0.295
<b>TOTAL</b>		<b>1.000</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

✓ **Corrección por humedad y % de absorción de los agregados:**

Corrección por % de absorción de los agregados

Para la corrección por % de absorción del agregado fino se necesitó el peso seco de la tabla 114 y el % de absorción.

$$\text{Correc. Peso AFsss} = 819.70 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(1 + \frac{4.32}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AFsss} = 855.14 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para la corrección por % de absorción del agregado grueso se necesitó el peso seco de la tabla 114 y el % de absorción.

$$\text{Correc. Peso AGsss} = 712.08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(1 + \frac{4.45}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AGsss} = 743.77 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

A continuación, se presenta los datos con sus correspondientes resultados:

**Tabla 115**

*Corrección por % de absorción – Peso Saturado Superficialmente Seco*

<b>Insumo</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen absoluto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>% Absorción</b>	<b>Corrección por % absorción</b>	<b>Peso SSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>	341.32	0.109			341.32
<b>Agua</b>	228.00	0.228			228.00
<b>A. F.</b>	819.70	0.338	4.32	819.70 1*(1+4.32/10 0)	855.14
<b>A. G.</b>	712.08	0.295	4.45	712.08*(1+4. 45/100)	743.77
<b>PUC (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2100				2170

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Corrección por humedad de los agregados

Para la corrección por de humedad del agregado fino se necesitó el peso seco de la tabla 115 y el % de humedad.

$$\text{Correc. Peso AF Hum} = 819.70 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(1 + \frac{2.04}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AF Hum} = 836.42 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para la corrección por % de humedad del agregado grueso se necesitó el peso seco de la tabla 115 y el % de humedad.

$$\text{Correc. Peso AG Hum} = 712.08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(1 + \frac{0.77}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AG Hum} = 7171.56 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Aporte de agua

Para el aporte de agua del agregado fino se necesitó el peso seco de la tabla 115, su % de humedad y su % de absorción.

$$\text{Aporte de agua AF} = \text{Peso seco AF} \times \left( \frac{\% \text{ hum} - \% \text{ abs}}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de agua AF} = 819.70 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left( \frac{2.04 - 4.32}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de agua AF} = -18.72 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para el aporte de agua del agregado grueso se necesitó el peso seco de la tabla 115, su % de humedad y su % de absorción.

$$\text{Aporte de agua AG} = \text{Peso seco AG} \times \left( \frac{\% \text{ hum} - \% \text{ abs}}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de agua AG} = 712.08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left( \frac{0.77 - 4.45}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de agua AG} = -26.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Por último, el aporte de agua del agregado grueso y del agregado fino fueron esenciales para obtener el peso corregido del agua.

A continuación, se muestra un cuadro con todos los datos calculados:

**Tabla 116**

*Corrección por % de humedad – Peso Húmedo*

Insumo	Peso seco (kg/m <sup>3</sup> )	Peso SSS (kg/m <sup>3</sup> )	% Humedad	Aporte de agua	Peso húmedo (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Cemento</b>	341.32	341.32			341.32
<b>Agua</b>	228.00	228.00			271.37
<b>A. F.</b>	819.70	855.14	2.04	-18.72	836.42
<b>A. G.</b>	712.08	743.77	0.77	-26.20	717.56
<b>Aire (3%)</b>	0				
<b>PUC (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2100	2170			2170

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

✓ **Dimensiones de probeta:**

	<i>pulg.</i>	<i>m</i>
<i>Diámetro</i>	4	0.1016
<i>Diámetro</i>	8	0.2032
<i>Volumen</i>		0.001571 m <sup>3</sup>

✓ **Proporciones en Peso por Kilogramo de Cemento:**

*Cemento = 1.00 kg/ kilo cemento*  
*Agregado Fino = 2.45 kg/ kilo cemento*  
*Agregado Grueso = 2.10 kg/ kilo cemento*  
*Agua = 0.80 lt/ kilo cemento*

✓ **Proporciones de Material para una probeta**

*Cemento = 0.536 kg*  
*Agregado Fino = 1.314 kg*  
*Agregado Grueso = 1.127 kg*  
*Agua = 0.429 lt*

## ANEXO N°14: ANÁLISIS DE COSTO

Para contrastar si la nueva unidad de albañilería (bloque de concreto tipo ensamblable) que se propone pueda resultar rentable, se realizó un análisis de costo en comparación a un muro de ladrillo de arcilla y bloque de concreto convencional.

Antes de realizar el análisis de costos entre los materiales mencionados líneas arriba, se procedió a determinar el precio de la nueva unidad de albañilería que se propone en la investigación, así como las características generales de cada unidad.

### ✓ **Producción de un bloque de concreto ensamblable con 0% RM**

#### **a) Mano de obra:**

- La mano de obra para el rendimiento fue medido en base a la preparación dentro de los ensayos realizados, se consideró que para la fabricación de un bloque de concreto ensamblable se requiere una cuadrilla conformado por un oficial y un peón. La actividad consta de tres partes:

- **Dosificación de materiales:** Usualmente se dosifican los agregados por bolsa de cemento. Este proceso de dosificación duro 5 minutos (300 segundos).
- **Preparación de la mezcla:** Con los materiales listos se proceden a mezclarlos en este orden: agregado grueso, agregado fino, cemento y agua, este proceso de mezcla dura 6 minutos a mano y 3 minutos (180 segundos) en máquina aproximadamente.
- **Vaciado de bloques:** Este último proceso es el que abarca la mayor parte del tiempo y define el rendimiento de la mano de obra. Se inicia por el engrasado de los moldes y luego vaciado de la mezcla al molde, se recomienda el uso de una mesa vibradora por no menos de 10 segundos, se va enrazando la mezcla al molde y finalmente se dispone en un sitio abierto para su secado. El tiempo de disposición dependerá de la distancia donde se almacene para su secado, se sugiere que no sea más de un minuto.

- El cálculo del rendimiento se calculó por jornada de 8 horas (28800 segundos). Teniendo en cuenta que se fabrican 19 bloques en 1050 segundos, en la siguiente tabla se muestran los tiempos para cada actividad:

**Tabla 117**

*Tiempo que demanda las actividades de elaboración de bloque de concreto ensamblable*

Proceso	Tiempo (segundos)	Veces	Tiempo parcial (segundos)
Dosificación de materiales	300	1	300
Preparación de mezcla – maquina	180	1	180
Vaciado de bloques	30	19	570
<b>Total</b>			<b>1050</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

- Entonces el rendimiento es de: 520 unidades/día.
- El rendimiento obtenido fue calculado en base a los datos obtenidos en el laboratorio, cabe mencionar que para efectos de cálculo se consideró un tambor de más capacidad.
- Por otro lado, en el mercado de la fabricación de bloques hay distintos rendimientos de producción que varían debido a la cantidad de cuadrillas utilizadas o al uso de máquinas automatizadas.
- Con respecto al costo de la mano de obra el cual se midió en Hora-Hombre (H-H), los valores fueron obtenidos mediante cálculos utilizando los montos de las Tablas Salariales del periodo 01-06-1029 al 31-05-2020, de la Federación de Trabajadores en Construcción Civil del Perú, siendo nuestra fecha de cálculo en el mes de marzo, de las cuales se utilizaron los montos del Jornal Básico para el operario, oficial y peón de S/. 70.30, S/. 55.40 y S/.



49.70 respectivamente, y añadiendo los cálculos de bonificaciones, leyes sociales, overol, ESSALUD, saliendo como resultado los siguientes costos:

**Tabla 118**

*Costo de mano de obra*

<b>Categorías</b>	<b>S/.</b>
<b>Operario</b>	S/. 21.20
<b>Oficial</b>	S/. 16.79
<b>Peón</b>	S/. 15.17

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

- Utilizando la fórmula de rendimiento para hallar las cantidades de dicha mano de obra:

*Ecuación 35: Calculo de rendimiento*

$$Cantidad = \frac{(Cuadrilla * Jornada)}{Rendimiento}$$

**Fuente:** CAPECO

**a) Análisis de costos unitarios:**

- Para hacer el cálculo de los materiales de la fabricación de un bloque de concreto ensamblable con relave minero, primero se procedió a calcular el volumen del concreto utilizado. En la siguiente tabla se muestra los volúmenes de los materiales:

**Tabla 119**

*Cantidad de materiales utilizados en los costos unitarios*

	<b>Dosificación</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Cemento</b>	2.219	0.05221
<b>AG</b>	4.664	0.00193
<b>AF</b>	5.437	0.00224
<b>RM</b>	0	0.0000
<b>Agua</b>	1.774	0.001774

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 120**

*Datos utilizados para determinar cantidad de costos unitario de materiales*

<b>1 bolsa de cemento</b>	42.50 kg
<b>Peso Específico de Masa (AF)</b>	2425 kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso Específico de Masa (AG)</b>	2412kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

- En donde se calculó con la dosificación para un bloque de concreto ensamblable, los cuales fueron divididas por su peso específico de los agregados, agua y el peso total de una bolsa de cemento, dando un total del costo de los materiales.
- Asimismo, las cantidades para los equipos fueron medidas en Hora-Máquina (H-M), de las cuales se obtuvieron de la misma manera de la mano de obra, utilizando la fórmula mencionada anteriormente.
- Por lo tanto, la fabricación de los bloques de concreto ensamblables requiere 1 oficial y 1 peón, teniendo un rendimiento diario de 520 unidades, con la ayuda de una mezcladora. A continuación, se presenta el análisis de precios unitarios para la fabricación de un bloque de concreto ensamblable con relave minero.

**Figura 31**

*Costo de producción de un bloque de concreto ensamblable con 0% RM*

Partida	PRODUCCION DE UN BLOQUE DE CONCRETO ENSAMBLABLE CON 0% RM						
Rendimiento	und/DIA	MO. 520.0000	EQ. 520.0000	Costo unitario directo por : und			2.39
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0154	16.79	0.26	
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0154	15.17	0.23	
							<b>0.49</b>
<b>Materiales</b>							
02070100010007	AGREGADO GRUESO 3/8"	m3		0.0019	45.00	0.09	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0022	35.00	0.08	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0018	6.20	0.01	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.0522	24.50	1.28	
							<b>1.46</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.49	0.01	
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.4"	hm	1.0000	0.0154	11.50	0.18	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.0154	16.50	0.25	
							<b>0.44</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Un bloque de concreto ensamblable con 0% RM se estima con un costo total de S/. 2.39 soles.

✓ **Producción de un bloque de concreto ensamblable con 50% RM**

- Se realizó de la misma manera que el costo unitario anterior, con la única diferencia de agregar la cantidad del relave minero, teniendo como resultado el siguiente análisis de precios:

**Figura 32**

*Costo de producción de un bloque de concreto ensamblable con 50% RM*

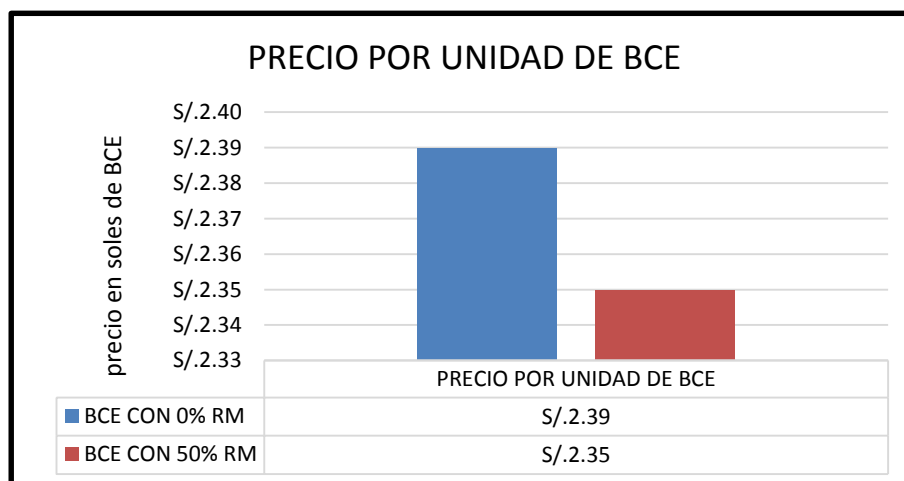
010105012213 (1301002 01) Jornada = 8		Mano de Obra	0.49		
PRODUCCION DE UN BLOQUE DE CONCRETO ENSAMBLABLE		Materiales	1.42		
Productividad por und: 0.0308 hh 0.0000 hm.hp		Equipos	0.44		
Rendimiento DIA: 520.0000		Subcontratos	0.00		
Precio Unitario: und S/.2.35		Subpartidas	0.00		
Descripción Recurso	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial
OFICIAL	hh	1.0000	0.0154	16.79	0.26
PEON	hh	1.0000	0.0154	15.17	0.23
AGREGADO GRUESO 3/8"	m3		0.0019	45.00	0.09
ARENA GRUESA	m3		0.0011	35.00	0.04
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0018	6.20	0.01
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.0522	24.50	1.28
RELAVE MINERO	m3		0.0011	0.00	0.00
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.49	0.01
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.4"	hm	1.0000	0.0154	11.50	0.18
MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.0154	16.50	0.25

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Un bloque de concreto ensamblable con 50% RM se estima con un costo total de S/. 2.35 soles.

**Figura 33**

*Costo de la unidad de Bloque de Concreto Tipo Ensamblable*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Como se busca tener un material que sea utilizado en la construcción de viviendas las cuales brinden confort, sean de buen acabado de fácil manejo y reduzca el uso de otros materiales

de construcción en viviendas. Se desarrolló un análisis comparativo de costo donde se consideró un metro cuadrado de muro de albañilería de ladrillo común más el acabado interno, un muro de albañilería de bloque de concreto convencional y muro con la nueva unidad de albañilería (bloque de concreto tipo ensamblable).

**Tabla 121**
*Características generales de las diferentes unidades de albañilería*

Material	Bloque de concreto tipo ensamblable	Bloque de concreto convencional	Ladrillo de arcilla tipo IV
<b>Dimensiones de unidad (LxBxH)</b>	40x12x20	39x14x19	24x13x9
<b>Unidades x m<sup>2</sup></b>	25 und	13 und	39 und
<b>Asiento (mortero)</b>	Grout	Junta de 1.5 cm	Junta de 1.5 cm
<b>Costo por unidad</b>	S/. 2.35	S/. 2.64	S/. 0.55
<b>Rendimiento (m<sup>2</sup>/día)</b>	15	12	10

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

*Figura 34: Costo de un metro cuadrado de muro de ladrillo de arcilla*

Partida	01.01.01	MURO DE LADRILLO KK MAQUINADO DE SOGA C:M 1:4 E=1.5 CM.					
Rendimiento	m <sup>2</sup> /DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m2		54.74	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	21.20	16.96	
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.4000	15.17	6.07	
<b>23.03</b>							
<b>Materiales</b>							
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.0220	3.05	0.07	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0290	35.00	1.02	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0074	6.20	0.05	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.2045	24.50	5.01	
02160100010007	LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und		39.0000	0.55	21.45	
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.5800	5.90	3.42	
<b>31.02</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	23.03	0.69	
<b>0.69</b>							

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Un metro cuadrado de muro de ladrillo de arcilla se estima con un costo total de S/. 54.74 soles.

**Figura 35**

*Costo de un metro cuadrado de muro de bloques de concreto convencional*

Partida	01.02.01	MURO DE BLOQUE HUECO DE CONCRETO DE 14x19x39 cm, E=14CM, con MEZCLA 1:5 (ARENA:CEMENTO)					
Rendimiento	m <sup>2</sup> /DIA	MO. 12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m <sup>2</sup>			70.14
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	21.20	14.13	
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.6667	15.17	10.11	
<b>24.24</b>							
<b>Materiales</b>							
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.0220	3.05	0.07	
02070200010002	ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>		0.0257	35.00	0.90	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>		0.0066	6.20	0.04	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.1811	24.50	4.44	
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.5800	5.90	3.42	
0267110031	BLOQUES DE CONCRETO DE 14x19x39 cm	und		13.7500	2.64	36.30	
<b>45.17</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	24.24	0.73	
<b>0.73</b>							

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 36**

*Costo de acero de amarre – refuerzo horizontal en muros*

Partida	01.02.02	ACERO DE AMARRE - REFUERZO HORIZONTAL EN MUROS					
Rendimiento	kg/DIA	MO. 250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : kg			4.52
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	21.20	0.68	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	16.79	0.54	
<b>1.22</b>							
<b>Materiales</b>							
0204010008	ALAMBRE NEGRO # 8	kg		1.0700	3.05	3.26	
<b>3.26</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.22	0.04	
<b>0.04</b>							

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

Un metro cuadrado de muro con bloque de concreto convencional constara un total de S/. 70.14 soles y cuyo acero tienen un costo de S/. 4.52 soles por kilogramo.

**Figura 37**

*Costo de un metro cuadrado de muro de bloques de concreto ensamblable*

Partida	01.03.01	MURO CON BLOQUE DE CONCRETO ENSAMBLABLE DE 20X14X40 cm, ASENTADO CON MORTERO GROUT					
Rendimiento	m 2/DIA	MO. 15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por : m2			89.96
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	21.20	11.31	
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.5333	15.17	8.09	
							<b>19.40</b>
<b>Materiales</b>							
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.0220	3.05	0.07	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0062	35.00	0.22	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0017	6.20	0.01	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.0665	24.50	1.63	
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.5800	5.90	3.42	
0267110032	BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLE DE 20x14X40 cm	und		27.5000	2.35	64.63	
							<b>69.98</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	19.40	0.58	
							<b>0.58</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

- ✓ **Determinación de cantidad de bloques de concreto ensamblables para un muro de 1m<sup>2</sup>**

**Tabla 122**

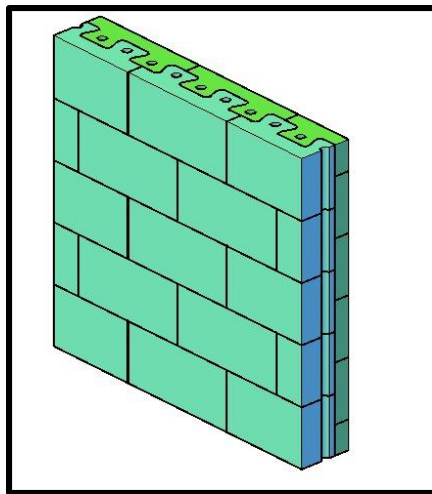
*Dimensiones de bloque*

Largo L(m)	Alto H(m)	Espesor e(m)
0.4	0.2	0.12

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 38**

*Muro de bloques de concreto ensamblables*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

$$\text{Cantidad de BCE} = \left( \frac{1}{0.4 * 0.2} \right) * 2 = 25 \text{ und por m}^2 \text{ de muro (sin desperdicio).}$$

- En un metro cuadrado de muro entra un total de 25 bloques de concreto ensamblables. Además, se consideró un porcentaje de desperdicio del 10%, lo cual da como resultado 27.50 bloques, los cuales se colocarán en el costo unitario de este.

**Figura 39**

*Costo de acero de amarre – refuerzo vertical en muros*

Partida	01.03.02 ACERO DE AMARRE - REFUERZO VERTICAL EN MUROS						Costo unitario directo por : kg	5.17
Rendimiento	kg/DIA	MO. 250.0000	EQ. 250.0000					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	21.20	0.68		
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	16.79	0.54		
<b>1.22</b>								
<b>Materiales</b>								
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0700	3.65	3.91		
<b>3.91</b>								
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.22	0.04		
<b>0.04</b>								

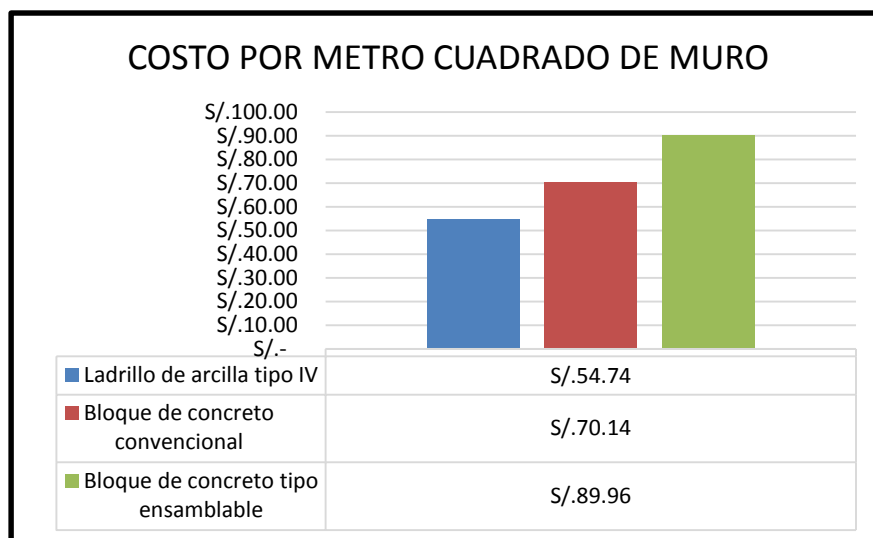
**Fuente:** Elaboración propia, 2020



Un metro cuadrado de muro con bloque de concreto tipo ensamblable (bloque propuesto), costara un total de S/. 89.96 soles y cuyo acero tienen un costo de S/. 5.17 soles por kilogramo.

**Figura 40**

*Costo por metro cuadrado de muro*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

En resumen, un metro cuadrado de muro con la unidad de albañilería propuesta en comparación con el muro de ladrillo de arcilla o bloque de concreto convencional, resulta la propuesta más cara, sin embargo, gracias a este estudio se demostró que este tipo de bloque posee una resistencia mucho mayor a comparación de los otros bloques, además, si este bloque tipo ensamblable se llegase a producir de una manera masiva e industrial el precio por bloque bajaría.

## **ANEXO N°15: PROPUESTA TIPOLOGICA Y ECOLÓGICA**

### **BLOQUES DE CONCRETO PARA VIVIENDAS:**

Como se mencionó en el planteamiento del problema, la investigación pretende encontrar un nuevo material manejable para la autoconstrucción de viviendas, de esta forma dando una alternativa de solución para el déficit de viviendas y confort de la misma que existe comúnmente en la zona rural del país, incluyendo las viviendas aledañas a los centros mineros y campamentos mineros.

De acuerdo a las propiedades de resistencia a compresión y la absorción, que se determinó en el bloque de concreto tipo ensamblable en la presente investigación, se propone al material como unidad de albañilería para el uso en la autoconstrucción de viviendas.

Para realizar una propuesta tipológica que tenga veracidad, es necesario realizar un estudio completo de las unidades de albañilería que se propongan, definiendo sus propiedades físicas y mecánicas, realizando los ensayos para unidades de albañilería de acuerdo a la norma técnica peruana que corresponda.

Como nuestra investigación se basó en determinar el comportamiento a compresión y la absorción de una nueva unidad de albañilería diferente a lo convencional, es decir, los bloques de concreto tipo ensamblable con relave minero, para determinar si es posible el uso de esta unidad en la construcción de viviendas, se investigó sobre las resistencias a compresión de diferentes unidades de albañilería, las cuales se muestran a continuación:

**Tabla 123**

*Comparación de resistencia a compresión en distintas unidades*

<b>Material</b>	<b>Denominación</b>	<b>Resistencia a compresión de unidad de albañilería (f<sup>b</sup>)</b>
<b>Bloque de concreto tipo ensamblable con Relave minero</b>	BCE de 40x12x20 con 50% RM	83.10 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Arcilla</b>	King Kong Artesanal	55.00 kg/ cm <sup>2</sup>
	King Kong Industrial	145.00 kg/ cm <sup>2</sup>
<b>Concreto</b>	Bloque tipo P*	50.00 kg/ cm <sup>2</sup>
		65.00 kg/ cm <sup>2</sup>
		75.00 kg/ cm <sup>2</sup>
		85.00 kg/ cm <sup>2</sup>

**Fuente:** Elaboración propia

La comparación de resistencia a compresión del bloque de concreto tipo ensamblable con otras unidades de albañilería, hace ver que el material de la presente investigación se caracteriza por tener una adecuada f<sup>b</sup> para fines estructurales y así mismo el uso en la autoconstrucción de viviendas.

#### **BENEFICIOS ECOLÓGICOS DE BLOQUES:**

Un punto importante que beneficia la elaboración de los bloques de concreto ensamblables con la adición de relave minero es por su aporte para reducir la contaminación ambiental, la cual la ocasiones la actividad minera con sus desechos industriales (relave minero), trayendo consigo consecuencias en la flora y fauna de sus alrededores, la contaminación de ríos y lagos generando la extinción de la fauna lacustre y ribereña, destrucción de ecosistemas, daños a la salud, contaminación ambiental y destrucción del relieve y de pueblos. Es por ello, que reutilizando esos desechos mineros e implementándolos en el área de la construcción se ayudaría a reducir esa contaminación y que dichos depósitos de relave minero no se acumulen en grandes porcentajes ocasionando lo mencionado anteriormente (Cruzado & Bravo, 2010, p.20).

**ÁANEXO N°16: CERTIFICADO DE ANÁLISIS QUÍMICO**



**CERTIFICADO DE ANALISIS QUIMICO**

CLIENTE : REYNA MARQUINA KEYI ALEXANDER N° COD. 50639  
 TIPO DE MUESTRA : MINERAL  
 IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : RELAVE MINERO  
 MUESTRAS RECIBIDAS : 1  
 DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 1/02/2020  
 INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE  
 METODO ANALÍTICO : VIA SECA - VOLUMETRIA - ABSORCIÓN ATÓMICA  
 RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	2.36
Au - ORO (oz/tc)	0.07
Ag - PLATA (g/tm)	107.74
Ag - PLATA (oz/tc)	3.14
Cu - COBRE (%)	0.50
Pb - PLOMO (%)	0.32
Zn - ZINC (%)	0.45
Fe - HIERRO (%)	27.83
As - ARSENICO (%)	0.29
Sb - ANTIMONIO (%)	0.02

Fecha Emisión: 4/02/2020

- \* Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.
- \* Los resultados de este Certificado solo corresponden a la muestra recibida en nuestra oficina.
- \* Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes


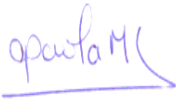



*Julia Ortiz Altamirano*  
 Ing. Julia Ortiz Altamirano  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. N° 185125






Av. América Sur 1134 Urb. Palermo - Trujillo 044-613950 - Cel. 991961429 - Cel. 964438780  
 E-mail: clientes@gyslaboratory.com

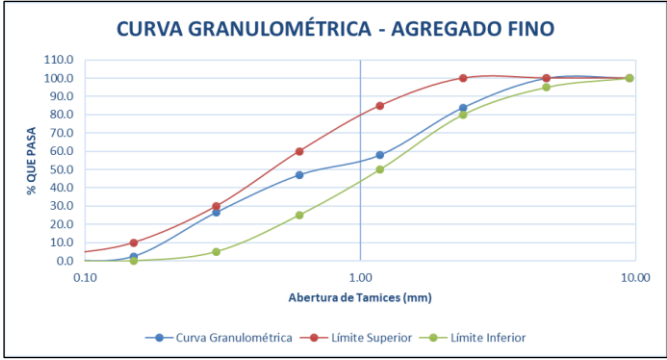
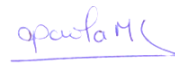



**ANEXO N°17: TABLA SALARIAL DE MANO DE OBRA**

<b>TABLA DE SALARIOS Y BENEFICIOS SOCIALES</b>						
<b>Expediente N° 173-2019-MTPE/2/14-NC</b>						
<b>(Del 01.06.2019 al 31.05.2020)</b>						
<b>OPERARIO</b>				<b>Indemnizac.</b>	<b>vacaciones</b>	
Jornal	70.30	* 8 días	421.80	diario	10.55	7.03
Jornal Dominical	11.72	* 8 días	70.30	semanal	63.27	42.18
BUC 32 %	22.50	* 8 días	134.98			
Bonif. Por Movilidad	8.00	* 8 días	48.00			
			-----			
<b>Total Salarios</b>			<b>675.08</b>	<b>Fiest. Patri.</b>	<b>13.39</b>	<b>18.75</b>
Descuento ONP 13%			81.52	diario	10.55	14.77
Descuento CONAF. 2%			9.84	mensual	316.57	443.20
<b>Pago Neto Semanal</b>			<b>583.71</b>	<b>Total</b>	<b>2812.00</b>	<b>2812.00</b>
				Ley N° 30334, Exonera a las gratif. del descuento del SNP o SPP.		
				El 9% correspondiente a EsSalud se paga al trabajador		
<b>OFICIAL</b>				<b>Indemnizac.</b>	<b>vacaciones</b>	
Jornal	55.40	* 8 días	332.40	diario	8.31	5.54
Jornal Dominical	9.23	* 8 días	55.40	semanal	49.86	33.24
BUC 30 %	16.62	* 8 días	99.72			
Bonif. Por Movilidad	8.00	* 8 días	48.00			
			-----			
<b>Total Salarios</b>			<b>535.52</b>	<b>Fiest. Patri.</b>	<b>10.55</b>	<b>14.77</b>
Descuento ONP 13%			63.38	diario	10.55	14.77
Descuento CONAF. 2%			7.76	mensual	316.57	443.20
<b>Pago Neto Semanal</b>			<b>464.39</b>	<b>Total</b>	<b>2216.00</b>	<b>2216.00</b>
				Ley N° 30334, Exonera a las gratif. del descuento del SNP o SPP.		
				El 9% correspondiente a EsSalud se paga al trabajador		
<b>PEON</b>				<b>Indemnizac.</b>	<b>vacaciones</b>	
Jornal	49.70	* 8 días	298.20	diario	7.46	4.97
Jornal Dominical	8.28	* 8 días	49.70	semanal	44.73	29.82
BUC 30 %	14.91	* 8 días	89.46			
Bonif. Por Movilidad	8.00	* 8 días	48.00			
			-----			
<b>Total Salarios</b>			<b>485.36</b>	<b>Fiest. Patri.</b>	<b>9.47</b>	<b>13.25</b>
Descuento ONP 13%			56.86	diario	9.47	13.25
Descuento CONAF. 2%			6.96	mensual	284.00	397.60
<b>Pago Neto Semanal</b>			<b>421.55</b>	<b>Total</b>	<b>1988.00</b>	<b>1988.00</b>
				Ley N° 30334, Exonera a las gratif. del Descuento del SNP o SPP.		
				El 9% correspondiente a EsSalud se paga al trabajador		
<b>Asignación Escolar por un hijo</b>			<b>HORAS EXTRAS</b>			
	diario	mensual	Simple	60%	100%	Indemn.H.S.*15%
<b>OPERARIO</b>	5.86	175.75	8.79	14.06	17.58	1.32
<b>OFICIAL</b>	4.62	138.50	6.93	11.08	13.85	1.04
<b>PEON</b>	4.14	124.25	6.21	9.94	12.43	0.93

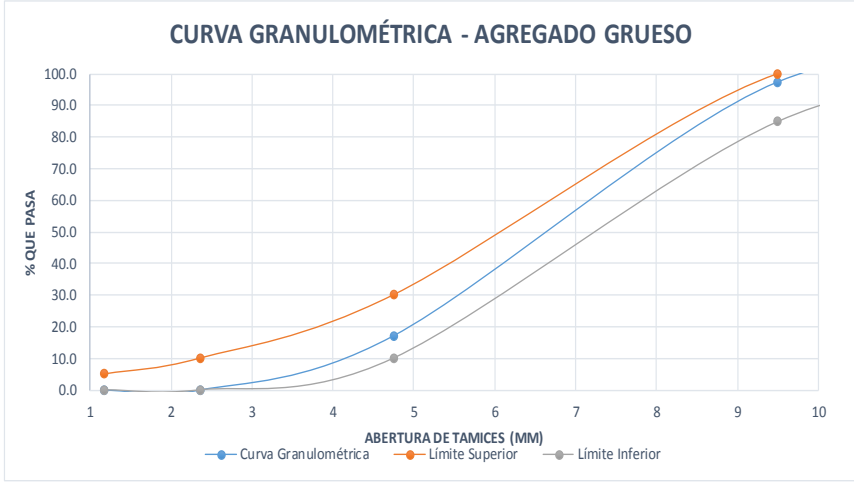




**ANEXO N°18: FORMATOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS**


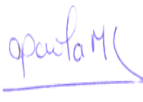



 <p style="text-align: center;"><b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b> (NTP 339.185:2013)</p>				
DATOS DE LA MUESTRA				
Agregado: AGREGADO FINO				
Procedencia: "CANTERA SAN MARTIN S.A."				
N°	NOMBRE	CANTIDAD DE ENSAYOS		
		1	2	3
1	Peso del Recipiente (gr)	92.00	94.00	81.00
2	Peso del Recipiente (gr) + Muestra Húmeda (gr)	1092.00	1094.00	1081.00
3	Peso de Muestra Húmeda (gr)	1000.00	1000.00	1000.00
4	Peso del Recipiente + Muestra Seca (gr)	1072.00	1074.00	1061.00
5	Peso de la Muestra Seca (gr)	980.00	980.00	980.00
6	Contenido de Humedad (%)	2.04%	2.04%	2.04%
7	Contenido de Humedad Promedio (%)	<b>2.04%</b>		
<b>OBSERVACIONES:</b>				
TESISTAS		COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	
 _____ BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   _____ BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 _____ ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	 _____ ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	






 <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b> (NTP 339.185:2013)				
DATOS DE LA MUESTRA				
Agregado: AGREGADO GRUESO				
Procedencia: "CANTERA SAN MARTIN S.A."				
N°	NOMBRE	CANTIDAD DE ENSAYOS		
		1	2	3
1	Peso del Recipiente (gr)	260.00	693.00	623.00
2	Peso del Recipiente (gr) + Muestra	2260.00	2693.00	2623.00
3	Peso de Muestra Húmeda (gr)	2000.00	2000.00	2000.00
4	Peso del Recipiente + Muestra Seca (gr)	2243.00	2678.00	2609.00
5	Peso de la Muestra Seca (gr)	1983.00	1985.00	1986.00
6	Contenido de Humedad (%)	0.86%	0.76%	0.70%
7	Contenido de Humedad Promedio (%)	<b>0.77%</b>		
OBSERVACIONES:				
TESISTAS		COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	






UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO</b>				
		NTP 400.037				
DATOS DE LA MUESTRA						
<b>Agregado:</b>	AGREGADO FINO					
<b>Procedencia:</b>	"CANTERA SAN MARTIN S.A."					
<b>Peso Inicial Seco:</b>	1500 gr					
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido + Peso de recipiente (gr)	Peso retenido (gr)	% Parcial retenido	% Acumulado	
					% Retenido	% Pasa
3/8"	9.50	81.00	0.00	0.000	0.000	100.000
N°4	4.75	82.00	1.00	0.067	0.067	99.933
N°8	2.36	322.00	241.00	16.067	16.133	83.867
N°16	1.18	471.00	390.00	26.000	42.133	57.867
N°30	0.60	245.00	164.00	10.933	53.067	46.933
N°50	0.30	388.00	307.00	20.467	73.533	26.467
N°100	0.15	475.00	394.00	26.267	99.800	0.200
Fondo		84.00	3.00	0.200	100.000	0.000
<b>PESO FINAL</b>			<b>1500.00</b>			
<b>PESO RESIPIENTE</b>			<b>81.00</b>			
<b>Módulo de Fineza:</b>		<b>2.8</b>				
<p><b>CURVA GRANULOMÉTRICA - AGREGADO FINO</b></p> 						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR				
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA				
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA				
<input checked="" type="checkbox"/>  BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO	<input checked="" type="checkbox"/>  ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	<input checked="" type="checkbox"/>  ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA				
<input checked="" type="checkbox"/>  BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA						












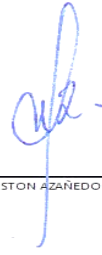
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO						
NTP 400.037						
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>						
Agregado: AGREGADO GRUESO			Tamaño Máx. Nominal (TMN): 3/4"			
Procedencia: "CANTERA SAN MARTIN S.A."			Tamaño Máx. (TM): 1/2"			
Peso Inicial Seco: 2500 gr						
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	NTP 400.037 HUSO 08	
					Mínimo	Máximo
3/4"	19.00	81.00	0.00	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.70	81.00	0.00	0.000	0.000	100.000
3/8"	9.50	146.00	65.00	2.600	2.600	97.400
Nº4	4.75	2088.00	2007.00	80.280	82.880	17.120
Nº8	2.36	508.00	427.00	17.080	99.960	0.040
Nº16	1.18	82.00	1.00	0.040	100.000	0.000
Fondo		81.00	0.00	0.000	100.000	0.000
<b>PESO FINAL (gr)</b>			<b>2500.00</b>			
<b>Peso de Recipiente (gr)</b>		<b>81.00</b>				
						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
TESISTAS	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR				
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA				
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA				
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA	 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA				


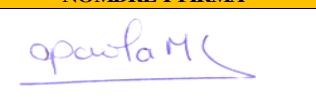


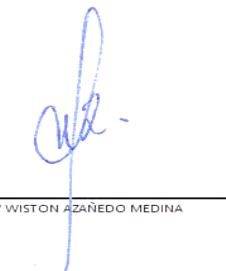
 <p style="text-align: center;"><b>PESO UNITARIO SECO SUELTO DE AGREGADO FINO</b> (NTP 400.017:2011)</p>			
DATOS DE LA MUESTRA			
Agregado: AGREGADO FINO			
Procedencia: "CANTERA SAN MARTIN S.A."			
DESCRIPCIÓN	ENSAYO N°1	ENSAYO N°2	ENSAYO N°3
Peso de la Muestra + Recipiente (gr)	28000.00	27985.00	28055.00
Peso del Recipiente (gr)	4810.00	4810.00	4810.00
Peso de la Muestra (gr)	23190.00	23175.00	23245.00
Volumen del Recipiente (m <sup>3</sup> )	0.014326	0.01	0.014326
Peso unitario Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1618.735	1617.688	1622.574
Promedio de Peso Unitario Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1619.666		
OBSERVACIONES:			
TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA			
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	
X  _____ BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO	X  _____ ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	X  _____ ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	
X  _____ BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA			

 <p style="text-align: center;"><b>PESO UNITARIO SECO SUELTO DE AGREGADO GRUESO</b> (NTP 400.017:2011)</p>			
DATOS DE LA MUESTRA			
Agregado: AGREGADO GRUESO			
Procedencia: "CANTERA SAN MARTIN S.A."			
DESCRIPCIÓN	ENSAYO N°1	ENSAYO N°2	ENSAYO N°3
Peso de la Muestra + Recipiente (gr)	25370.00	25310.00	25275.00
Peso del Recipiente (gr)	4810.00	4810.00	4810.00
Peso de la Muestra (gr)	20560.00	20500.00	20465.00
Volumen del Recipiente (m <sup>3</sup> )	0.014326	0.014326	0.014326
Peso unitario Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1435.153	1430.965	1428.522
<b>Promedio de Peso Unitario Seco Suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1431.546		
<b>OBSERVACIONES:</b>			
TESTISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA			
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	
<input checked="" type="checkbox"/>  BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO	<input checked="" type="checkbox"/>  ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	<input checked="" type="checkbox"/>  ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	
<input checked="" type="checkbox"/>  BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA			






 <p style="text-align: center;"><b>PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DE AGREGADO FINO</b> (NTP 400.017.2011)</p>			
DATOS DE LA MUESTRA			
Agregado: AGREGADO FINO			
Procedencia: "CANTERA SAN MARTIN S.A."			
DESCRIPCIÓN	ENSAYO N°1	ENSAYO N°2	ENSAYO N°3
Peso de la Muestra + Recipiente (gr)	30075.00	30025.00	30075.00
Peso del Recipiente (gr)	4810.00	4810.00	4810.00
Peso de la Muestra (gr)	25265.00	25215.00	25265.00
Volumen del Recipiente (m3)	0.014326	0.014326	0.014326
Peso unitario Seco Suelto (kg/m3)	1763.577	1760.087	1763.577
<b>Promedio de Peso Unitario Seco Compactado (kg/m3)</b>	1762.413		
OBSERVACIONES:			
TESISTAS	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	
<p>X </p> <hr/> <p>BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO</p>  <p>X </p> <hr/> <p>BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA</p>	<p>X </p> <hr/> <p>ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO</p>	<p>X </p> <hr/> <p>ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA</p>	

 <p style="text-align: center;"><b>PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DE AGREGADO GRUESO</b> (NTP 400.017:2011)</p>			
DATOS DE LA MUESTRA			
Agregado: AGREGADO GRUESO			
Procedencia: "CANTERA SAN MARTIN S.A."			
DESCRIPCIÓN	ENSAYO N°1	ENSAYO N°2	ENSAYO N°3
Peso de la Muestra + Recipiente (gr)	27090.00	26850.00	27020.00
Peso del Recipiente (gr)	4810.00	4810.00	4810.00
Peso de la Muestra (gr)	22280.00	22040.00	22210.00
Volumen del Recipiente (m3)	0.014326	0.014326	0.014326
Peso unitario Seco Suelto (kg/m3)	1555.214	1538.462	1550.328
<b>Promedio de Peso Unitario Seco Compactado (kg/m3)</b>	1548.001		
<b>OBSERVACIONES:</b>			
TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	
<p>X </p> <hr/> <p>BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO</p> <p>X </p> <hr/> <p>BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA</p>	<p>X </p> <hr/> <p>ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO</p>	<p>X </p> <hr/> <p>ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA</p>	

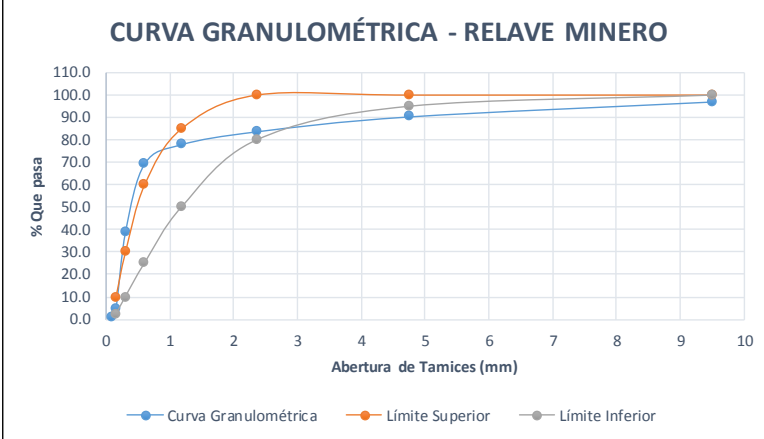


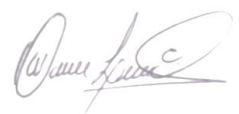

 <b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO</b> (NTP 400.022:2013)				
DATOS DE LA MUESTRA				
<b>Agregado:</b>	AGREGADO FINO			
<b>Procedencia:</b>	"CANTERA SAN MARTIN S.A."			
DATOS DEL AGREGADO FINO				
Descripción	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	
Muestra parcialmente seca (gr)	500.00	500.00	500.00	
Peso de picnómetro + Muestra parcialmente seca (gr)	643.00	672.00	672.00	
Peso de picnómetro + Muestra parcialmente seca + Agua (gr)	946.00	975.00	973.00	
Peso de picnómetro (gr)	143.00	172.00	172.00	
Peso de picnómetro + Agua (cm <sup>3</sup> )	643.00	672.00	672.00	
Peso de muestra seca (gr)	483.00	472.00	483.00	<b>PROMEDIO</b>
<b>PESO ESPECÍFICO DE MASA (P.e.m.) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.452	2.396	2.427	<b>2.425</b>
<b>PESO ESPECÍFICO SATURADA CON SUPERFICIE SECA (PeSSS) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.538	2.538	2.513	<b>2.530</b>
<b>PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.e.a.)</b>	2.683	2.793	2.654	<b>2.710</b>
<b>ABSORCIÓN (%)</b>	0.035	0.059	0.035	<b>4.324%</b>
OBSERVACIONES:				
TESISTAS		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	
 _____ BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   _____ BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 _____ ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	 _____ ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	


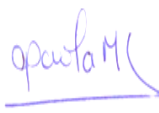



 <b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</b> (NTP 400.022:2013)				
DATOS DE LA MUESTRA				
<b>Agregado:</b>	AGREGADO GRUESO			
<b>Procedencia:</b>	"CANTERA SAN MARTIN S.A."			
DATOS DEL AGREGADO FINO				
Descripción	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	
Peso de la Muestra parcialmente seca (gr) (B)	1983.00	1958.00	2049.00	
Peso en el agua de la muestra saturada (gr) (C)	1202.00	1171.00	1239.00	
Peso de la muestra seca (gr) (A)	1900.00	1870.00	1965.00	<b>PROMEDIO</b>
<b>PESO ESPECÍFICO DE MASA (P.e.m.) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.433	2.376	2.426	<b>2.412</b>
<b>PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (PeSSS) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.539	2.488	2.530	<b>2.519</b>
<b>PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.e.a.)</b>	2.722	2.675	2.707	<b>2.701</b>
<b>ABSORCIÓN (%)</b>	0.044	0.047	0.043	<b>4.450%</b>
OBSERVACIONES:				
TESISTAS		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	


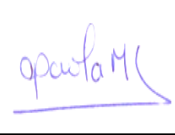



## ANEXO N°19: FORMATOS DE CARACTERIZACIÓN DE RELAVE MINERO




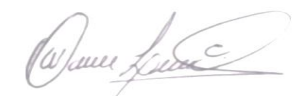

 <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL RELAVE MINERO</b> (NTP 339.185:2013)				
DATOS DE LA MUESTRA				
Agregado: RELAVE MINERO				
Procedencia: "CANTERA SAN MARTIN S.A."				
N°	NOMBRE	CANTIDAD DE ENSAYOS		
		1	2	3
1	Peso del Recipiente (gr)	45.00	45.00	45.00
2	Peso del Recipiente (gr) + Muestra Húmeda (gr)	445.00	445.00	445.00
3	Peso de Muestra Húmeda (gr)	400.00	400.00	400.00
4	Peso del Recipiente + Muestra Seca	428.00	430.00	427.00
5	Peso de la Muestra Seca (gr)	383.00	385.00	382.00
6	Contenido de Humedad (%)	4.44%	3.90%	4.71%
7	Contenido de Humedad Promedio (%)	4.35%		
OBSERVACIONES:				
TESISTAS		COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	




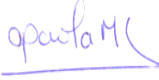



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL RELAVE MINERO				
NTP 400.037						
DATOS DE LA MUESTRA						
Agregado: RELAVE MINERO						
Procedencia: "CANTERA SAN MARTIN S.A."						
Peso Inicial Seco: 1500 gr						
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido + Peso de recipiente (gr)	Peso retenido (gr)	% Parcial retenido	% Acumulado	
					% Retenido	% Pasa
3/8"	9.500	204.00	46.00	3.07	3.07	96.93
N° 4	4.750	258.00	100.00	6.67	9.73	90.27
N° 8	2.360	258.00	100.00	6.67	16.40	83.60
N° 16	1.180	244.00	86.00	5.73	22.13	77.87
N° 30	0.600	286.00	128.00	8.53	30.67	69.33
N° 50	0.300	610.00	452.00	30.13	60.80	39.20
N° 100	0.150	673.00	515.00	34.33	95.13	4.87
N° 200	0.080	220.00	62.00	4.13	99.27	0.73
FONDO		169.00	11.00	0.73	100.00	0.00
PESO FINAL			<b>1500</b>			
PESO RESIPIENTE			158			
<b>Módulo de Fineza:</b>		<b>2.3</b>				
						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
TESISTAS		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR			
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA			
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA			
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA			


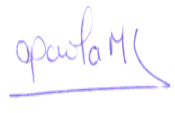



 <p style="text-align: center;"><b>PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL RELAVE MINERO</b> (NTP 400.017:2011)</p>			
DATOS DE LA MUESTRA			
Agregado: RELAVE MINERO			
Procedencia: "CANTERA SAN MARTIN S.A."			
DESCRIPCIÓN	ENSAYO N°1	ENSAYO N°2	ENSAYO N°3
Peso de la Muestra + Recipiente (gr)	23165.00	22925.00	22890.00
Peso del Recipiente (gr)	4810.00	4810.00	4810.00
Peso de la Muestra (gr)	18355.00	18115.00	18080.00
Volumen del Recipiente (m <sup>3</sup> )	0.014326	0.01	0.014326
Peso unitario Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1281.237	1264.48	1262.041
Promedio de Peso Unitario Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1269.254		
OBSERVACIONES:			
TESISTAS	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	
<p>X </p> <hr/> <p>BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO</p> <p>X </p> <hr/> <p>BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA</p>	<p>X </p> <hr/> <p>ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO</p>	<p>X </p> <hr/> <p>ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA</p>	

 <p style="text-align: center;"><b>PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL RELAVE MINERO</b> (NTP 400.017:2011)</p>			
DATOS DE LA MUESTRA			
Agregado: RELAVE MINERO			
Procedencia: "CANTERA SAN MARTIN S.A."			
DESCRIPCIÓN	ENSAYO N°1	ENSAYO N°2	ENSAYO N°3
Peso de la Muestra + Recipiente (gr)	26240.00	26490.00	26140.00
Peso del Recipiente (gr)	4810.00	4810.00	4810.00
Peso de la Muestra (gr)	21430.00	21680.00	21330.00
Volumen del Recipiente (m <sup>3</sup> )	0.014326	0.01	0.014326
Peso unitario Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1495.882	1513.33	1488.901
Promedio de Peso Unitario Seco Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1499.372		
OBSERVACIONES:			
TESISTAS	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	
<p>X </p> <hr/> <p>BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO</p> <p>X </p> <hr/> <p>BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA</p>	<p>X </p> <hr/> <p>ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO</p>	<p>X </p> <hr/> <p>ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA</p>	

 <b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL RELAVE MINERO</b> (NTP 400.022:2013)				
DATOS DE LA MUESTRA				
<b>Agregado:</b> RELAVE MINERO				
<b>Procedencia:</b> "CANTERA SAN MARTIN S.A."				
DATOS DEL AGREGADO FINO				
Descripción	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	
Muestra parcialmente seca (gr)	500.00	500.00	500.00	
Peso de picnómetro + Muestra parcialmente seca (gr)	672.00	672.00	672.00	
Peso de picnómetro + Muestra parcialmente seca + Agua (gr)	1029.00	1026.00	1031.00	
Peso de picnómetro (gr)	172.00	172.00	172.00	
Peso de picnómetro + Agua (cm3)	672.00	672.00	672.00	
Peso de muestra seca (gr)	484.00	494.00	495.00	<b>PROMEDIO</b>
<b>PESO ESPECÍFICO DE MASA (P.e.m.)</b>	3.385	3.384	3.511	<b>3.426</b>
<b>PESO ESPECÍFICO SATURADA CON SUPERFICIE SECA (PeSSS) (gr/cm3)</b>	3.497	3.425	3.546	<b>3.489</b>
<b>PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.e.a.)</b>	3.811	3.529	3.640	<b>3.660</b>
<b>ABSORCIÓN (%)</b>	0.033	0.012	0.010	<b>1.843%</b>
<b>OBSERVACIONES:</b>				
TESISTAS		COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	

## ANEXO N°20: FORMATO DE ENSAYO DE RESISTENCIA DE COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS

		<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO</b>					
		<b>TESIS</b>	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE LOS RELAVES MINEROS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES, TRUJILLO 2019.				
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 46% DE ADICIÓN DE RELAVE MINERO EN PROBETAS CILINDRICAS</b>							
Probeta	Diámetro promedio (cm)	Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máx. (kn)	Fuerza de compresión (kg)	Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 150 kg/cm <sup>2</sup>
T1-01	10.005	28	78.62	103.65	10569.40	134.44	89.63%
T1-02	10.015		78.78	102.05	10406.24	132.10	88.07%
T1-03	10.000		78.54	103.10	10513.31	133.86	89.24%
T1-04	10.030		79.01	96.15	9804.61	124.09	82.73%
T1-05	10.000		78.54	98.10	10003.45	127.37	84.91%
T1-06	10.020		78.85	94.40	9626.16	122.08	81.38%
T1-07	10.030		79.01	100.15	10212.50	129.25	86.17%
T1-08	10.045		79.25	101.40	10339.96	130.48	86.98%
T1-09	10.010		78.70	114.05	11629.91	147.78	98.52%
T1-10	10.015		78.78	105.80	10788.64	136.95	91.30%
PROMEDIO						131.84	87.89%
<b>OBSERVACIONES:</b>							
<b>TESISTAS</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>			<b>ASESOR</b>		
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO			ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA		
<b>NOMBRE Y FIRMA</b>		<b>NOMBRE Y FIRMA</b>			<b>NOMBRE Y FIRMA</b>		
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO			 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO</b>					
		<b>TESIS</b>	<b>INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE LOS RELAVES MINEROS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES, TRUJILLO 2019.</b>				
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 48% DE ADICIÓN DE RELAVE MINERO EN PROBETAS CILINDRICAS</b>							
Probeta	Diámetro promedio (cm)	Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máx. (kN)	Fuerza de compresión (kg)	Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 150 kg/cm <sup>2</sup>
T2-01	10.000	28	78.54	102.85	10487.82	133.54	89.02%
T2-02	10.005		78.62	95.50	9738.33	123.87	82.58%
T2-03	10.055		79.41	102.95	10498.02	132.21	88.14%
T2-04	10.025		78.93	102.30	10431.74	132.16	88.11%
T2-05	10.040		79.17	115.30	11757.37	148.51	99.01%
T2-06	10.025		78.93	107.65	10977.29	139.07	92.71%
T2-07	10.040		79.17	117.00	11930.72	150.70	100.47%
T2-08	10.035		79.09	114.60	11685.99	147.75	98.50%
T2-09	10.015		78.78	103.90	10594.89	134.49	89.66%
T2-10	10.015		78.78	110.15	11232.22	142.58	95.06%
PROMEDIO						138.49	92.33%
<b>OBSERVACIONES:</b>							
<b>TESISTAS</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>			<b>ASESOR</b>		
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO			ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA		
<b>NOMBRE Y FIRMA</b>		<b>NOMBRE Y FIRMA</b>			<b>NOMBRE Y FIRMA</b>		
 <hr/> BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   <hr/> BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 <hr/> ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO			 <hr/> ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA		


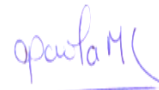



 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO	
	TESIS	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE LOS RELAVES MINEROS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES, TRUJILLO 2019.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 50% DE ADICIÓN DE RELAVE MINERO EN PROBETAS CILINDRICAS

Probeta	Diámetro promedio (cm)	Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máx. (kN)	Fuerza de compresión (kg)	Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 150 kg/cm <sup>2</sup>
T2-01	10.030	28	79.01	116.30	11859.34	150.10	100.06%
T2-02	10.015		78.78	111.85	11405.57	144.79	96.52%
T2-03	10.045		79.25	117.35	11966.41	151.00	100.67%
T2-04	10.035		79.09	119.15	12149.96	153.62	102.41%
T2-05	10.025		78.93	111.85	11405.57	144.50	96.33%
T2-06	10.015		78.78	120.05	12241.74	155.40	103.60%
T2-07	10.015		78.78	115.70	11798.16	149.77	99.85%
T2-08	10.020		78.85	119.65	12200.95	154.73	103.15%
T2-09	10.040		79.17	113.65	11589.12	146.38	97.59%
T2-10	10.020		78.85	126.65	12914.75	163.78	109.19%
PROMEDIO						151.41	100.94%

OBSERVACIONES:

TESTISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA	 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>		<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO</b>					
		<b>TESIS</b>	<b>INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE LOS RELAVES MINEROS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES, TRUJILLO 2019.</b>				
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 52% DE ADICIÓN DE RELAVE MINERO EN PROBETAS CILINDRICAS</b>							
Probeta	Diámetro promedio (cm)	Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máx. (kN)	Fuerza de compresión (kg)	Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 150 kg/cm <sup>2</sup>
T2-01	10.005	28	78.62	114.00	11624.81	147.86	98.58%
T2-02	10.005		78.62	112.35	11456.55	145.72	97.15%
T2-03	10.000		78.54	112.25	11446.36	145.74	97.16%
T2-04	10.005		78.62	117.25	11956.22	152.08	101.39%
T2-05	10.000		78.54	117.25	11956.22	152.23	101.49%
T2-06	10.005		78.62	116.25	11854.25	150.78	100.52%
T2-07	10.000		78.54	116.35	11864.44	151.06	100.71%
T2-08	10.000		78.54	118.85	12119.37	154.31	102.87%
T2-09	10.000		78.54	114.90	11716.58	149.18	99.45%
T2-10	10.000		78.54	114.85	11711.48	149.12	99.41%
PROMEDIO						149.81	99.87%
<b>OBSERVACIONES:</b>							
<b>TESISTAS</b>			<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>			<b>ASESOR</b>	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA			ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO			ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
<b>NOMBRE Y FIRMA</b>			<b>NOMBRE Y FIRMA</b>			<b>NOMBRE Y FIRMA</b>	
 <hr/> BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   <hr/> BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA			 <hr/> ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO			 <hr/> ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	








 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO	
	TESIS	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE LOS RELAVES MINEROS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES, TRUJILLO 2019.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 54% DE ADICIÓN DE RELAVE MINERO EN PROBETAS CILINDRICAS






Probeta	Diámetro promedio (cm)	Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máx. (kN)	Fuerza de compresión (kg)	Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 150 kg/cm <sup>2</sup>
T2-01	10.000	28	78.54	104.25	10630.58	135.35	90.24%
T2-02	10.000		78.54	106.65	10875.31	138.47	92.31%
T2-03	10.005		78.62	102.60	10462.33	133.08	88.72%
T2-04	10.000		78.54	105.35	10742.75	136.78	91.19%
T2-05	10.000		78.54	104.25	10630.58	135.35	90.24%
T2-06	10.000		78.54	106.60	10870.22	138.40	92.27%
T2-07	10.000		78.54	109.35	11150.64	141.97	94.65%
T2-08	10.000		78.54	105.85	10793.74	137.43	91.62%
T2-09	10.000		78.54	103.05	10508.21	133.79	89.20%
T2-10	10.000		78.54	107.55	10967.09	139.64	93.09%
PROMEDIO						137.03	91.35%






OBSERVACIONES:

TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA	ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA	 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO	 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA


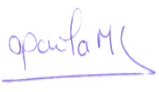



 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO</b>					
		<b>TESIS</b>	<b>INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE LOS RELAVES MINEROS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES, TRUJILLO 2019.</b>				
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 56% DE ADICIÓN DE RELAVE MINERO EN PROBETAS CILINDRICAS</b>							
Probeta	Diámetro promedio (cm)	Edad de ensayo (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máx. (kN)	Fuerza de compresión (kg)	Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 150 kg/cm <sup>2</sup>
T2-01	10.000	28	78.54	95.85	9774.02	124.45	82.96%
T2-02	10.000		78.54	93.95	9580.27	121.98	81.32%
T2-03	10.005		78.62	95.30	9717.93	123.61	82.41%
T2-04	10.000		78.54	94.05	9590.47	122.11	81.41%
T2-05	10.000		78.54	82.30	8392.30	106.85	71.24%
T2-06	10.000		78.54	96.00	9789.31	124.64	83.09%
T2-07	10.005		78.62	93.65	9549.68	121.47	80.98%
T2-08	10.005		78.62	92.95	9478.30	120.56	80.37%
T2-09	10.000		78.54	97.15	9906.58	126.13	84.09%
T2-10	10.000		78.54	90.15	9192.78	117.05	78.03%
PROMEDIO						120.89	80.59%
<b>OBSERVACIONES:</b>							
<b>TESISTAS</b>			<b>COORDINADOR DEL LABORATORIO</b>			<b>ASESOR</b>	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA			ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO			ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
<b>NOMBRE Y FIRMA</b>			<b>NOMBRE Y FIRMA</b>			<b>NOMBRE Y FIRMA</b>	
 <hr/> BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   <hr/> BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA			 <hr/> ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO			 <hr/> ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	






## ANEXO N°21: FORMATO DE ENSAYO DE RESISTENCIA DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES


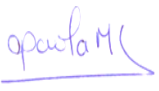



 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO				
		TESIS	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE LOS RELAVES MINEROS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES, TRUJILLO 2019.			
GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 0% DE ADICIÓN DE RELAVE MINERO EN BCE						
BCE	Superficie del BCE		Edad de ensayo (Días)	Peso (kg)	Fuerza de compresión (kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
	AN (cm <sup>2</sup> )	AB (cm <sup>2</sup> )				
M-01	325	338	28	14.885	24901.56	73.67
M-02	325	338		14.520	23769.67	70.32
M-03	325	338		15.170	25645.96	75.88
M-04	325	338		14.760	24141.87	71.43
M-05	325	338		15.085	23453.56	69.39
M-06	325	338		14.980	23759.48	70.29
M-07	325	338		14.760	25498.10	75.44
M-08	325	338		14.780	25227.87	74.64
M-09	325	338		15.240	25131.00	74.35
M-10	325	338		14.965	22586.80	66.82
PROMEDIO DE F'c (kg/cm <sup>2</sup> )						72.22
OBSERVACIONES:						
TESISTAS		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO		ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA		
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		
 _____ BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   _____ BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 _____ ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO		 _____ ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA		






 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO				
		TESIS	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE LOS RELAVES MINEROS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES, TRUJILLO 2019.			
GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 50% DE ADICIÓN DE RELAVE MINERO EN BCE						
BCE	Superficie del BCE		Edad de ensayo (Días)	Peso (kg)	Fuerza de compresión (kg)	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
	AN (cm <sup>2</sup> )	AB (cm <sup>2</sup> )				
M-01	325	338	28	15.780	27195.93	80.46
M-02	325	338		15.970	30392.75	89.92
M-03	325	338		15.250	30158.22	89.23
M-04	325	338		15.900	28613.34	84.65
M-05	325	338		15.480	29857.40	88.34
M-06	325	338		15.070	27012.38	79.92
M-07	325	338		15.610	27190.83	80.45
M-08	325	338		15.570	27303.00	80.78
M-09	325	338		15.890	27124.55	80.25
M-10	325	338		15.220	26023.25	76.99
PROMEDIO DE F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )						83.10
OBSERVACIONES:						
TESISTAS		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO		ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA		
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO		 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA		

## ANEXO N°22: FORMATO DE ENSAYO DE ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO				
	TESIS	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE LOS RELAVES MINEROS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES, TRUJILLO 2019.			
GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO TIPO ENSAMBLABLE CON 0% DE ADICIÓN DE RELAVE MINERO					
TRATAMIENTO	Muestra	Wd1 (Kg)	Wd2 (Kg)	Wd3 (Kg)	Peso seco Promedio (Wd)
T0: 0% RM	M1	13252	13253	13254	13253
	M2	13515	13515	13516	13515
	M3	13346	13347	13349	13347
	M4	13177	13179	13179	13178
TRATAMIENTO	Muestra	Ws 1 (Kg)	Ws 2 (Kg)	Ws 3 (Kg)	Peso Saturado Promedio (Ws)
T0: 0% RM	M1	14560	14555	14555	14557
	M2	15025	15011	15011	15016
	M3	14786	14779	14768	14778
	M4	14675	14668	14660	14668
TRATAMIENTO	Muestra	Wd (Kg)	Ws (Kg)	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)
T0: 0% RM	M1	13253	14557	10%	10.74%
	M2	13515	15016	11%	
	M3	13347	14778	11%	
	M4	13178	14668	11%	
OBSERVACIONES:					
TESISTAS		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO		ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO		 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>		<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO</b>			
		<b>TESIS</b>	<b>INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE LOS RELAVES MINEROS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES, TRUJILLO 2019.</b>		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO TIPO ENSAMBLABLE CON 50% DE ADICIÓN DE RELAVE MINERO</b>					
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Muestra</b>	<b>Wd 1 (Kg)</b>	<b>Wd 2 (Kg)</b>	<b>Wd 3 (Kg)</b>	<b>Peso seco Promedio (Wd)</b>
<b>T3: 50% RM</b>	M1	14083	14085	14087	<b>14085</b>
	M2	14276	14280	14282	<b>14279</b>
	M3	12900	12902	12906	<b>12903</b>
	M4	14556	14559	14559	<b>14558</b>
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Muestra</b>	<b>Ws 1 (Kg)</b>	<b>Ws 2 (Kg)</b>	<b>Ws 3 (Kg)</b>	<b>Peso Saturado Promedio (Ws)</b>
<b>T3: 50% RM</b>	M1	15827	15717	15714	<b>15753</b>
	M2	15856	15852	15849	<b>15852</b>
	M3	14548	14429	14429	<b>14469</b>
	M4	16106	16098	16098	<b>16101</b>
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Muestra</b>	<b>Wd (Kg)</b>	<b>Ws (Kg)</b>	<b>Absorción (%)</b>	<b>Absorción Promedio (%)</b>
<b>T3: 50% RM</b>	M1	14085	15753	12%	<b>11.40%</b>
	M2	14279	15852	11%	
	M3	12903	14469	12%	
	M4	14558	16101	11%	
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<b>TESISTAS</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO		ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
<b>NOMBRE Y FIRMA</b>		<b>NOMBRE Y FIRMA</b>		<b>NOMBRE Y FIRMA</b>	
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO		 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		<b>TESTIS</b> INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE LOS RELAVES MINEROS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES, TRUJILLO 2019.			
GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA DENSIDAD DE BLOQUES DE CONCRETO TIPO ENSAMBLABLE CON 0% DE ADICIÓN DE RELAVE MINERO					
TRATAMIENTO	Muestra	Wd1 (Kg)	Wd2 (Kg)	Wd3 (Kg)	Peso seco Promedio (Wd)
T0: 0% RM	M1	13252	13253	13254	13253
	M2	13515	13515	13516	13515
	M3	13346	13347	13349	13347
	M4	13177	13179	13179	13178
TRATAMIENTO	Muestra	Ws 1 (Kg)	Ws 2 (Kg)	Ws 3 (Kg)	Peso Saturado Promedio (Ws)
T0: 0% RM	M1	14560	14555	14555	14557
	M2	15025	15011	15011	15016
	M3	14786	14779	14768	14778
	M4	14675	14668	14660	14668
Muestra	M1	M2	M3	M4	
Peso Seco (Wd)	13253	13515	13347	13178	
Peso Saturado (Ws)	14557	15016	14778	14668	
Peso Sumergido (Wi)	7858	8226	9034	8750	
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	1978	1991	2324	2227	
Densidad Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	2129.95				
<b>OBSERVACIONES:</b>					
TESISTAS		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO		ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO		 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		<b>TESIS</b> INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE LOS RELAVES MINEROS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO ENSAMBLABLES, TRUJILLO 2019.			
GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA DENSIDAD DE BLOQUES DE CONCRETO TIPO ENSAMBLABLE CON 50% DE ADICIÓN DE RELAVE MINERO					
TRATAMIENTO	Muestra	Wd 1 (Kg)	Wd 2 (Kg)	Wd 3 (Kg)	Peso seco Promedio (Wd)
T3: 50% RM	M1	14083	14085	14087	14085
	M2	14276	14280	14282	14279
	M3	12900	12902	12906	12903
	M4	14556	14559	14559	14558
TRATAMIENTO	Muestra	Ws 1 (Kg)	Ws 2 (Kg)	Ws 3 (Kg)	Peso Saturado Promedio (Ws)
T3: 50% RM	M1	15827	15717	15714	15753
	M2	15856	15852	15849	15852
	M3	14548	14429	14429	14469
	M4	16106	16098	16098	16101
Muestra	M1	M2	M3	M4	
Peso Seco (Wd)	14085	14279	12903	14558	
Peso Saturado (Ws)	15753	15852	14469	16101	
Peso Sumergido (Wi)	7614	8380	8828	9151	
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	1731	1911	2287	2095	
Densidad Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	2005.95				
OBSERVACIONES:					
TESISTAS		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO		ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	
 BR. PAOLA JAZMIN MERCADO CORTIJO   BR. KENYI ALEXANDER REYNA MARQUINA		 ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRAZCO		 ING. HENRY WISTON AZAÑEDO MEDINA	



### ANEXO N°23: PANEL FOTOGRÁFICO

*Figura 41*

*Obtención de Relave Minero y agregado fino y grueso.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 42**

*Contenido de Humedad y Granulometría de agregados*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 43**

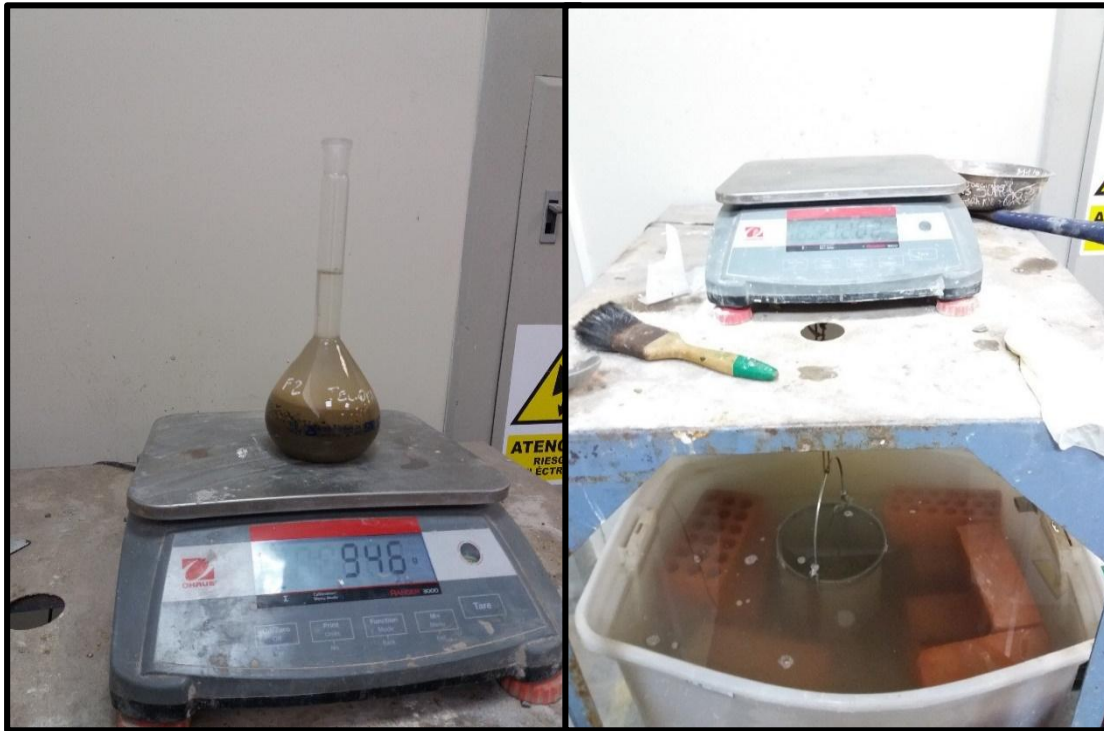
*Peso unitario seco suelto y compactado de agregados*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 44**

*Peso específico y absorción de agregados*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 45**

*Contenido de humedad y granulometría del relave minero*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 46**

*Peso unitario y absorción del relave minero*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 47**

*Diseño de mezcla y elaboración de probetas cilíndricas*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 48**

*Ensayo de Asentamiento del concreto en estado fresco, curado y temperatura de probetas*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 49**

*Ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas de T1:46%RM y T2:48%RM*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 50**

*Ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas de T3: 50%RM, T4: 52%RM,  
T5:54%RM y T6:56%RM*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020



**Figura 51**

*Diseño de mezcla y elaboración de bloques de concreto tipo ensamblables*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 52**

*Ensayo de Asentamiento, temperatura y curado de bloques de concreto ensamblable*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 53**

*Ensayo de resistencia a compresión de bloques de concreto tipo ensamblable patrón y T3:*

*50% RM*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Figura 54**

*Ensayo de porcentaje de absorción y densidad de bloques de concreto tipo ensamblable patrón y de T3: 50%RM*



**Fuente:** Elaboración propia, 2020