

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ARCILLA COCIDA COMO AGREGADO FINO PARA MEJORAR  
LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL HORMIGÓN  
ESTRUCTURAL**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. HURTADO IGLESIAS, CHRISTIAN OMAR**

**Bach. QUISPITUPA HUASHUA, CARLOS CIRILO**

**Asesor: Mg. Ing. CHAVARRÍA REYES, LILIANA JANET**

**LIMA – PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres y hermanos por su apoyo durante toda la etapa universitaria. A mis amigos Ray y Johan que siempre han estado cuando más los necesitaba durante la carrera y en especial a Mary que durante todo este tiempo siempre ha estado presente y quizás no hubiera sido lo mismo sin ella.

Christian Omar Hurtado Iglesias

Esta tesis está dedicada a mis padres por haberme formado como la persona que soy en la actualidad. A mis hermanas Gladys, Elena y Luz por el apoyo incondicional que siempre me brindaron. A toda mi familia que es lo mejor y valioso que Dios me ha dado.

Carlos Cirilo Quispitupa Huashua

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento profundo al Dr. Ing. Carlos Magno Chavarry Vallejos por compartir parte de sus conocimientos y constante dedicación metodológica para el desarrollo de la tesis y a nuestra asesora la Mg. Ing. Liliana Janet Chavarría Reyes por su apoyo, paciencia, disponibilidad y constancia en guiarnos para lograr hacer realidad esta tesis.

Christian Hurtado y Carlos Quispitupa

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	4
1.2 Contextualización y delimitación del problema .....	5
1.3 Formulación de la investigación.....	5
1.3.1 Problema general .....	5
1.3.2 Problemas específicos.....	5
1.4 Objetivos de la investigación.....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos .....	6
1.5 Justificación .....	6
1.5.1 Conveniencia .....	6
1.5.2 Relevancia social .....	6
1.5.3 Aplicaciones prácticas .....	6
1.5.4 Utilidad metodológica .....	7
1.5.5 Valor teórico .....	7
1.6 Importancia.....	7
1.7 Limitaciones .....	8
1.8 Delimitación .....	8
1.8.1 Geográfica.....	8
1.8.2 Temporal.....	8
1.8.3 Temática .....	8
1.8.4 Muestral .....	9
1.9 Alcance .....	9
1.10 Viabilidad .....	9

2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1	Marco histórico.....	10
2.2	Investigaciones relacionadas con el tema.....	15
2.2.1	Investigaciones nacionales.....	15
2.2.2	Investigaciones internaciones.....	18
2.3	Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	21
2.3.1	Conceptualización del hormigón.....	21
2.3.2	Hormigón o concreto estructural.....	21
2.3.3	Arcilla cocida.....	21
2.3.4	Propiedades físicas del hormigón.....	22
2.3.5	Propiedades mecánicas del hormigón.....	23
2.4	Definición de términos básicos.....	23
2.5	Hipótesis.....	26
2.5.1	Hipótesis general.....	26
2.5.2	Hipótesis específicas.....	26
2.6	Variables.....	26
2.7	Sistemas de variables.....	26
2.7.1	Definición conceptual.....	26
2.7.2	Definición operacional.....	27
2.7.3	Operalización de variable.....	28
3.	CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	29
3.1	Método de la investigación.....	29
3.2	Tipo de la investigación.....	29
3.3	Nivel de la investigación.....	29
3.4	Diseño de la investigación.....	29
3.5	Población y muestra.....	30
3.5.1	Población.....	30
3.5.2	Muestra.....	30
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
3.7	Descripción de procedimiento de análisis.....	32

4.	CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	33
4.1	Características de los agregados .....	33
4.1.1	Propiedades del agregado fino.....	33
4.1.2	Propiedades del agregado grueso.....	47
4.2	Características de la arcilla cocida.....	59
4.3	Diseño de mezcla.....	66
4.3.1	Características de los agregados .....	66
4.3.2	Diseño de mezcla patrón.....	67
4.3.3	Diseño de mezcla con arcilla cocida como agregado fino.....	70
4.3.4	Mezcla en obra de hormigón con adición de arcilla cocida.....	74
4.4	Ensayos en concreto fresco.....	119
4.4.1	Asentamiento (slump).....	119
4.5	Ensayos en concreto endurecido.....	126
4.5.1	Resistencia a la compresión axial .....	135
4.5.2	Resistencia a la tracción.....	140
4.5.3	Resistencia a la flexión .....	145
4.6	Contrastación de hipótesis .....	149
4.6.1	Contrastación de hipótesis 1 .....	150
4.6.2	Contrastación de hipótesis 2 .....	159
4.7	Resultados de la investigación.....	190
4.8	Interpretación de resultados (Tabla 72).....	191
4.8.1	Resultados del asentamiento.....	191
4.8.2	Resultados de la resistencia mecánica del hormigón.....	191
4.9	Discusión de resultados .....	191
4.9.1	Discusiones .....	191
	CONCLUSIONES.....	194
	RECOMENDACIONES.....	195
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	196
	ANEXOS .....	202

ANEXO 01 - MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	203
ANEXO 02 - TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE ARCILLA Y CEMENTO .....	204
ANEXO 03 - GRADACIÓN DEL AGREGADO FINO Y GRUESO .....	205
ANEXO 04 - VARIABLES DEL EXPERIMENTO .....	206
ANEXO 05 - DISEÑO EXPERIMENTAL ORTOGONAL.....	207
ANEXO 06 - PORCENTAJES DE IMPUREZAS .....	208
ANEXO 07 - LÍMITES DE CLASIFICACIÓN DEL AGREGADO GRUESO .....	209
ANEXO 08 - DISEÑO PARA MOLDE DE VIGAS.....	210

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Operalización de Variable .....	28
Tabla N° 2: Cantidad de Muestras para Ensayo a Compresión .....	30
Tabla N° 3: Especímenes para Ensayo a Tracción por Compresión Diametral.....	31
Tabla N° 4: Cantidad de Muestras para Ensayo de Flexión.....	31
Tabla N° 5: Granulometría del Agregado Fino.....	33
Tabla N° 6: Análisis Granulométrico del Agregado Fino.....	35
Tabla N° 7: Resumen del Análisis Granulométrico del Agregado Fino.....	37
Tabla N° 8: Peso Unitario del Agregado Fino – A1 .....	39
Tabla N° 9: Peso Unitario del Agregado Fino - A2.....	40
Tabla N° 10: Peso Unitario del Agregado Fino – A3 .....	41
Tabla N° 11: Resumen Peso Unitario del Agregado Fino .....	41
Tabla N° 12: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino .....	43
Tabla N° 13: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino .....	44
Tabla N° 14: Resumen Específico y Absorción del Agregado Fino.....	45
Tabla N° 15: Contenido de Humedad del Agregado Fino – A1 .....	46
Tabla N° 16: Material que Pasa la Malla 200 del Agregado Fino .....	47
Tabla N° 17: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso .....	48
Tabla N° 18: Resumen del Análisis Granulométrico del Agregado Grueso .....	49
Tabla N° 19: Peso Unitario del Agregado Grueso G1 .....	51
Tabla N° 20: Peso Unitario del Agregado Grueso G2.....	52
Tabla N° 21: Peso Unitario del Agregado Grueso G3.....	53
Tabla N° 22: Resumen Peso Unitario del Agregado Grueso .....	54
Tabla N° 23: Pesos Específicos de los Agregados.....	54
Tabla N° 24: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.....	55
Tabla N° 25: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.....	56
Tabla N° 26: Resumen Específico y Absorción de la Piedra Chancada.....	57



Tabla N° 27: Contenido de Humedad del Agregado Grueso .....	58
Tabla N° 28: Material que Pasa la Malla 200 del Agregado Grueso .....	59
Tabla N° 29: Peso Unitario de la Arcilla Cocida A1 .....	61
Tabla N° 30: Peso Unitario de la Arcilla Cocida A2 .....	62
Tabla N° 31: Peso Unitario de la Arcilla Cocida A3 .....	63
Tabla N° 32: Resumen Ensayo de Peso Unitario de la Arcilla Cocida.....	63
Tabla N° 33: Peso Específico y Absorción de la Arcilla Cocida.....	64
Tabla N° 34: Peso Específico y Absorción de la Arcilla Cocida A2 .....	65
Tabla N° 35: Resumen Específico y Absorción.....	65
Tabla N° 36: Características de los Agregados.....	66
Tabla N° 37: Característica del Agua.....	67
Tabla N° 38: Característica del Cemento.....	67
Tabla N° 39: Tabla 3.1 de la guía de diseño de mezcla ACI .....	68
Tabla N° 40: Cantidad de Material en Obra por m <sup>3</sup> del Diseño Patrón .....	69
Tabla N° 41: Cantidad de Material en Obra con 15% de Arcilla Cocida .....	72
Tabla N° 42: Cantidad de Material en Obra con 20% de Arcilla Cocida .....	73
Tabla N° 43: Cantidad de Material en Obra con 25% de Arcilla Cocida .....	73
Tabla N° 44: Máximo Diámetro de Probeta .....	74
Tabla N° 45: Asentamientos de las Mezclas Obtenidas .....	125
Tabla N° 46: Resultados de la Resistencia a la Compresión .....	137
Tabla N° 47: Promedio de los Resultados de la Resistencia a la Compresión .....	138
Tabla N° 48: Resultados de la Resistencia a la Tracción.....	142
Tabla N° 49: Promedio de los Resultados de la Resistencia a la Tracción.....	143
Tabla N° 50: Resultados de la Resistencia a la Flexión.....	146
Tabla N° 51: Promedio de los Resultados de la Resistencia a la Flexión.....	147
Tabla N° 52: Valores Obtenidos del Asentamiento .....	150
Tabla N° 53: Datos Estadísticos del Asentamiento.....	151

Tabla N° 54: Coeficientes con Referencia al Asentamiento.....	154
Tabla N° 55: Coeficiente de Determinación $R^2$ del Asentamiento.....	156
Tabla N° 56: Análisis de Varianza del Ensayo de Asentamiento.....	157
Tabla N° 57: Valores Obtenidos del Ensayo de Compresión Axial a 28 Días.....	159
Tabla N° 58: Datos Estadísticos de la Resistencia a la Compresión Axial en 28 Días	160
Tabla N° 59: Coeficientes con Referencia a la Compresión Axial.....	163
Tabla N° 60: Coeficiente de Determinación $R^2$ de la Compresión Axial.....	165
Tabla N° 61: Análisis de Varianza del Ensayo de Compresión Axial.....	166
Tabla N° 62: Valores Obtenidos del Ensayo de Tracción a los 28 Días.....	169
Tabla N° 63: Datos Estadísticos de la Resistencia a la Tracción en 28 Días.....	170
Tabla N° 64: Coeficientes con Referencia a la Tracción.....	173
Tabla N° 65: Coeficiente de Determinación $R^2$ de la tracción.....	175
Tabla N° 66: Análisis de Varianza del Ensayo de Tracción.....	176
Tabla N° 67: Valores Obtenidos del Ensayo de Flexión a los 28 Días.....	179
Tabla N° 68: Datos Estadísticos de la Resistencia a la Flexión en 28 Días.....	180
Tabla N° 69: Coeficientes con Referencia a la Flexión.....	183
Tabla N° 70: Coeficiente de Determinación $R^2$ de la Flexión.....	185
Tabla N° 71: Análisis de Varianza del Ensayo de Flexión.....	186
Tabla N° 72: Resultados de Asentamiento, Resistencia Axial, Tracción y Flexión.....	190

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Agregado Fino de UNICÓN .....	34
Figura N° 2: Tamices para Ensayo de Granulometría .....	34
Figura N° 3: Mallas vs Porcentaje que Pasa del Agregado Fino .....	36
Figura N° 4: Ensayo Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Fino.....	38
Figura N° 5: Mallas vs Porcentaje que Pasa del Agregado Grueso .....	49
Figura N° 6: Ladrillos de Arcilla Cocida King Kong 18 Huecos .....	60
Figura N° 7: Proceso de Molido de los Ladrillos de Arcilla Cocida .....	60
Figura N° 9: Molde de Vigas 6" x 6" x 20" .....	75
Figura N° 10: Moldes para Vigas.....	76
Figura N° 11: Mezcladora de 9p <sup>3</sup> .....	77
Figura N° 12: Equipos utilizados .....	77
Figura N° 13 Agregados y Cemento para la Mezcla.....	78
Figura N° 14: Pesaje de Agregados .....	79
Figura N° 16: Primeras Probetas Patrón .....	81
Figura N° 17: Probetas Obtenidas de la Primera Mezcla Patrón .....	82
Figura N° 18: Cartilla de Control de Mezcla Patrón en Obra .....	83
Figura N° 19: Viga Obtenida de la Segunda Mezcla Patrón.....	84
Figura N° 20: Vigas Obtenidas de la Segunda Mezcla Patrón.....	84
Figura N° 21: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 15%.....	85
Figura N° 22: Primeras Probetas con Adición de Arcilla en 15% .....	86
Figura N° 23: Probetas con Adición de Arcilla en 15% .....	87
Figura N° 24: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 15%.....	88
Figura N° 25: Vigas con Adición de Arcilla en 15%.....	89
Figura N° 26: Viga con Adición de Arcilla Cocida en 15% .....	89
Figura N° 27: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 20%.....	90
Figura N° 28: Probetas Obtenidas en Obra con Adición de Arcilla en 20% .....	91

Figura N° 29: Probetas obtenidas en Obra con Adición de Arcilla en 20% .....	92
Figura N° 30: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 20%.....	93
Figura N° 31: Vigas con Adición de Arcilla en 20% .....	94
Figura N° 32: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 25%.....	95
Figura N° 33: Primeras Probetas Obtenidas con Adición de Arcilla en 25%.....	96
Figura N° 34: Probetas obtenidas de la Mezcla con Adición de Arcilla en 25%.....	97
Figura N° 35: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 25%.....	98
Figura N° 36: Vigas con Adición de Arcilla en 25% .....	99
Figura N° 37: Cartilla de Control de Mezcla Patrón en Obra.....	100
Figura N° 38: Cartilla de Control de Mezcla Patrón en Obra.....	101
Figura N° 39: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 15%.....	102
Figura N° 40: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 15%.....	103
Figura N° 41: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 20%.....	104
Figura N° 42: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 20%.....	105
Figura N° 43: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 25%.....	106
Figura N° 44: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 25%.....	107
Figura N° 45: Cartilla de Control de Mezcla Patrón en Obra.....	108
Figura N° 46: Cartilla de Control de Mezcla Patrón en Obra.....	109
Figura N° 47: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 15%.....	110
Figura N° 48: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 15%.....	111
Figura N° 49: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 20%.....	112
Figura N° 50: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 20%.....	113
Figura N° 51: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 25%.....	114
Figura N° 52: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 25%.....	115
Figura N° 53: Desencofrado de Probetas .....	116
Figura N° 54: Desencofrado de Vigas .....	117
Figura N° 55: Curado en Piscina para Probetas y Vigas de Arcilla en 25%.....	118

Figura N° 56: Cono de Abrams.....	120
Figura N° 57: Asentamiento de la Mezcla Patrón .....	121
Figura N° 58: Asentamiento del Diseño con 15% de Arcilla Cocida .....	122
Figura N° 59: Asentamiento del Diseño con 20% de Arcilla Cocida.....	123
Figura N° 60: Asentamiento del Diseño con 25% de Arcilla Cocida.....	124
Figura N° 61: Gráfico de Asentamientos (slump) vs Mezcla en obra .....	126
Figura N° 62: Hormigón Endurecido para Rotura a 28 Días.....	127
Figura N° 63: Hormigón Endurecido para Roturas a 28 Días .....	128
Figura N° 64: Hormigón Endurecido para Rotura a 14 Días.....	129
Figura N° 65: Hormigón Endurecido para Rotura a 14 Días.....	130
Figura N° 66: Hormigón Endurecido para Rotura a 14 Días.....	130
Figura N° 67: Hormigón Endurecido para Rotura a 14 Días.....	131
Figura N° 68: Hormigón Endurecido para Rotura a 7 Días.....	132
Figura N° 69: Hormigón Endurecido para Rotura a 7 Días.....	133
Figura N° 70: Hormigón Endurecido para Rotura a 7 Días.....	133
Figura N° 71: Hormigón Endurecido para Rotura a 7 Días.....	134
Figura N° 72: Llevando Probetas al Laboratorio .....	135
Figura N° 73: Ensayo de Compresión.....	136
Figura N° 74: Gráfico Resistencia a la Compresión vs Edades (días).....	139
Figura N° 75: Probetas para ensayo a Tracción en Laboratorio .....	140
Figura N° 76: Ensayo de Tracción.....	141
Figura N° 77: Gráfico Resistencia a la Tracción vs Edad Ensayada (días) .....	144
Figura N° 78: Diagrama para Ensayar a Flexión .....	145
Figura N° 79: Gráfico Resistencia a la Flexión vs Edad (días) Ensayada .....	148
Figura N° 80: Gráfico Asentamiento vs % Arcilla Cocida.....	152
Figura N° 81: Resumen del Procesamiento de Casos en Asentamiento .....	153
Figura N° 82: Recta de Regresión Lineal del Asentamiento .....	155

Figura N° 83: Histograma de la Resistencia a la Compresión Axial .....	161
Figura N° 84: Resumen del Procesamiento de Casos – Compresión Axial.....	162
Figura N° 85: Recta de Regresión Lineal del Compresión Axial .....	164
Figura N° 86: Gráfico de Barras de la Resistencia Axial vs a/c Efectiva .....	168
Figura N° 87: Histograma de la Resistencia a la Tracción en 28 Días .....	171
Figura N° 88: Resumen del Procesamiento de Casos – Tracción.....	172
Figura N° 89: Recta de Regresión Lineal de Tracción .....	174
Figura N° 90: Gráfico de Barras de la Resistencia a la Tracción vs a/c Efectiva .....	178
Figura N° 91: Histograma de la Resistencia a la Flexión en 28 Días .....	181
Figura N° 92: Resumen del Procesamiento de Casos – Flexión.....	182
Figura N° 93: Recta de Regresión Lineal de Flexión .....	184
Figura N° 94: Gráfico de Barras de la Resistencia a la Flexión vs a/c Efectiva.....	188
Figura N° 95: Gráfico Resistencia Mecánica (kg/cm <sup>2</sup> ) a 28 días vs Mezclas .....	189

## RESUMEN

La presente tesis “Arcilla cocida como agregado fino para mejorar las propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural” para optar el título en Ingeniería Civil, pretende fomentar el uso de la arcilla cocida en el hormigón estructural, comprobando cuánto fue la mejora en las propiedades (físico – mecánicas) del hormigón, haciendo uso de los ensayos de laboratorio y ensayo de cono de abrams. Se usó adiciones de arcilla cocida para determinar en qué medida el diseño de hormigón mejora la resistencia y asentamiento usando distintas dosificaciones de arcilla cocida adoptando 4 tipos de mezcla (15%, 20% y 25% del volumen del agregado fino), ensayadas a compresión, tracción y flexión para una resistencia de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . La metodología de investigación fue de tipo cuantitativa, con un diseño de investigación de tipo experimental, longitudinal. Los resultados obtenidos muestran que, el asentamiento a medida que se le adiciona arcilla cocida (15%, 20% y 25%), éste se reduce en 7%, 18% y 31% a comparación de la mezcla patrón que obtuvo 11.6cm. Por otro lado, en los ensayos de compresión y flexión, cuando se le adiciona el 25% de arcilla cocida molida mejora un 8.6% y 1.5% respectivamente, por consiguiente, mejora las propiedades mecánicas del hormigón estructural.

**Palabras claves:** Hormigón estructural, arcilla cocida, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, asentamiento de hormigón.

## ABSTRACT

This thesis "Clay fired as fine aggregate to improve the physical-mechanical properties of structural concrete" to qualify for the degree in Civil Engineering, aims to promote the use of fired clay in structural concrete, checking how much the improvement in the properties (physical - mechanical) of the concrete was, making use of laboratory tests and Abrams cone test. Fired clay additions were used to determine to what extent the concrete design resistance and settlement using different dosages of fired clay adopting 4 types of mix (15%, 20% and 25% of the volume of the fine aggregate), tested under compression, traction and flexion for a resistance of  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ . The research methodology was quantitative, with an experimental, longitudinal research design. The results showed that the settlement as fired clay (15%, 20% and 25%) is added, it is reduced by 7%, 18% and 31% compared to the standard mixture that obtained 11.6cm. On the other hand, in compression and bending tests, when 25% of fired clay is read, it adds 8.6% and 1.5% improvement respectively, consequently, it improves the mechanical properties of the structural concrete.

**Keywords:** Structural concrete, fired clay, compressive strength, flexural strength, settlement concrete.



## INTRODUCCIÓN

En muy pocos repositorios del Perú como el de la Universidad Nacional de Trujillo y la Universidad de Piura se puede encontrar investigaciones referidas al uso de arcilla reciclada como agregado, provenientes de fabricación defectuosa y demolición de estructuras, de esta forma “la utilización de ladrillo desechado por exceso de cocción como agregado grueso para la fabricación de concreto podría conducir a la industria de la construcción a un escenario de mayor sostenibilidad” (Rosas, 2018, p. 1). En el Perú y a nivel mundial se investiga la posibilidad de encontrar nuevos materiales para ser usados en la producción de hormigón, es por ello que “se están desarrollando y mejorando nuevos materiales para que las construcciones vayan de la mano con el cuidado del medio ambiente utilizando tecnologías innovadoras” (Vilca, 2017, p. 1).

La información referente a la arcilla cocida usada en hormigón es muy limitada en nuestro país, a diferencia de países como China, Irán, Irak e India, en el que pueden encontrar abundante información del uso de arcilla reciclada y algunos con el uso de arcilla cocida nueva en reemplazo de agregado natural para la producción de hormigón, esto debido a que en China hay demasiado desmonte proveniente de demoliciones de edificios y en los otros países el costo del agregado natural es muy caro, debido a esto usan arcilla cocida en reemplazo, estos datos mencionados son provenientes de artículos científicos (Danga y Zhao, 2019; Cheng, 2016; Rowland, 2014). En el artículo de investigación de la revista *Ingeniare* se menciona que “son escasos los resultados publicados sobre el efecto neto del uso de triturado de bloque de arcilla como agregado grueso en las diferentes propiedades del concreto tanto en su estado fresco como endurecido” (Moreno, Ospina y Rodríguez, 2019, p.12).

Debido a que en la mayoría de artículos científicos usan la arcilla cocida en reemplazo del agregado grueso, esta tesis usa la arcilla cocida como agregado fino para mejorar las propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural, la elección de usar la arcilla cocida como agregado fino en el hormigón proviene de la investigación Pineda y Quintero (2018) en donde se menciona que mientras más fina sea la arcilla cocida, mejor reacción tiene con el cemento y esto mejorará la resistencia (p. 169). Lo que se quiere lograr es conocer la mejora que la arcilla cocida nueva le puede otorgar al hormigón estructural y de esa forma brindar un aporte académico para que sea de mucha ayuda para otros tesis interesados en el tema, ya que la arcilla cocida aporta una mejora significativa en cuanto a resistencia, de esa forma se realicen más estudios sobre el uso de este material en la

producción de hormigón en el Perú y darle una buena aplicación para obras civiles en un futuro ya que el hormigón hasta hoy en día sigue siendo un material esencial y así disminuir la depredación de canteras. Se tenía conocimiento previo sobre la arcilla cocida, ya que presenta menor densidad que los agregados típicos de construcción lo que ayuda a reducir el peso del hormigón, por lo que generó mayor motivación en saber si adicionalmente la arcilla cocida puede aportar mejoras en la resistencia del hormigón, y así posteriormente ser evaluado ante la exposición al fuego en investigaciones futuras. En esta tesis surge abordar el problema de cómo un diseño de mezcla con arcilla cocida influye en las propiedades físico-mecánicas, ya que no sólo se evalúa la resistencia a la compresión, es por ello se va diseñar una mezcla con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  usando arcilla cocida como agregado fino, del cual se desprende dos objetivos específicos:

- Determinar el porcentaje de arcilla cocida como agregado fino para mejorar el asentamiento del hormigón; y
- Determinar la relación a/c para mejorar la resistencia del hormigón estructural.

Es importante determinar si a mayor adición de arcilla cocida se mejora el asentamiento o sucede todo lo contrario, para ello se define 3 porcentajes de adición en reemplazo del agregado fino: 15%, 20% y 25%, siendo comprobado al momento de realizar la mezcla en obra usando el cono de abrams; la relación agua/cemento varía con respecto a las adiciones de arcilla cocida, para ello se determina cuál logra mayor resistencia, esto será comprobado una vez el hormigón se encuentre es estado endurecido listo para los ensayos de roturas en el laboratorio.

La presente investigación consta de cuatro capítulos:

En el capítulo I - Planteamiento del problema, se describe la realidad problemática, delimitación y formulación del problema, los objetivos, justificación, importancia, limitaciones, delimitación, alcance y viabilidad, el cual ayuda al lector a tener una noción general del porqué del desarrollo de la tesis. Capítulo II – Marco Teórico, se presenta resúmenes de artículos que dan respaldo académico y en las investigaciones relacionadas al tema se incluye resúmenes de tesis nacionales e internacionales que aportan al desarrollo de la presente tesis, cada uno de ellos citados debidamente. Otros subtítulos como el sustento del estudio, definición de términos básicos, hipótesis, se establece las variables y sistema de variables, todo ello para tener noción de los términos más usado en la tesis y lo que se espera obtener como resultado según las hipótesis planteadas. En el

capítulo III – Marco Metodológico, se define el método, tipo, nivel y diseño de la investigación el cual se referencia con un artículo de investigación que explica por qué es una investigación descriptiva, experimental – longitudinal, también se establece la población y muestra, técnicas de recolección y procedimiento de análisis. En el capítulo IV – se presenta los análisis de resultados, se describe las características de los agregados y arcilla cocida de acuerdo a los valores obtenidos de laboratorio como el análisis granulométrico, peso unitario, peso específico, contenido de humedad, entre otros. Esta tesis consta de cuatro capítulos, los cuales siguen un orden que permite a todo lector comprender paso a paso el desarrollo de la misma, iniciando con una idea clara de la problemática que se quiere abordar y lo que se quiere conseguir con esta tesis, para ello planteando los objetivos a lograr, brindando conceptos básicos de los términos usados, mencionando y explicando el tipo de investigación, mostrando como se realizan los ensayos en concreto fresco y con los resultados de las roturas de las muestras en estado endurecido se puede contrastar las hipótesis planteadas en el capítulo II haciendo uso de gráficos de barras y regresión lineal para proceder a interpretar los resultados, discutirlos y por último establecer las conclusiones y recomendaciones de todo el desarrollo de la presente investigación.

La presente investigación determinará si la arcilla cocida en reemplazo del agregado fino cumple con los requisitos de resistencia mínima y trabajabilidad para que en un futuro otros tesis o interesados en el tema puedan aplicar o implementar este material en la producción de hormigón para elementos estructurales en obras civiles.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

Existen artículos científicos que estudian las propiedades del hormigón con el uso del ladrillo de arcilla triturada reciclada principalmente con fines de conservación ambiental y mejoras al hormigón. Por ejemplo, “el uso de ladrillos triturados como agregado grueso para producir un nuevo concreto reciclado ecológico es de particular interés para mantener el agregado natural y lograr el reciclaje de los recursos de desecho” (Yang, Mohamed, Elbaz, Skariah, Xie y Li, 2020, p. 1). Sin embargo “la baja densidad y la alta porosidad del ladrillo triturado, así como su resistencia a la compresión relativamente baja en comparación con el agregado natural, dificultan el cumplimiento de las especificaciones convencionales del hormigón” (Yang et al., 2020, p.1).

Los autores de los artículos científicos hablan de conservar el agregado natural del hormigón, es decir reducir la depredación de canteras. Aquí en Perú y en el mundo existe desechos de demolición, “la cantidad de desechos de ladrillos de arcilla ha ido en aumento como la demolición de edificios antiguos en China, esto ha provocado el grave problema medioambiental” (Zhao, Gao, Chen, Liu y Chen, 2018, p.1). Es por ello, “utilizar ladrillos de arcilla de desecho como agregados livianos para preparar concreto es una nueva idea para consumirlos y ahorrar recursos naturales” (Zhao et al., 2018, p.1).

Según Zhao et al. (2018) mencionan que numerosos investigadores estudian la reutilización de desechos de ladrillos de arcilla y han obtenido algunos resultados positivos. La mayoría de los estudios (Debeib y Kenai, 2008; Khalaf, 2006; Yang y col., 2011; Cachim, 2009; Adamson y col., 2015) se centraron en reemplazar agregados naturales gruesos o finos por arcilla cocida reciclada para elaborar hormigón, y los resultados indicaron que las propiedades mecánicas estaban relacionadas con la proporción de reemplazo y la distribución del tamaño de partículas. (p. 4)

Se “examinan la posibilidad de utilizar ladrillo triturado como agregado grueso y fino para un concreto nuevo. Arena natural, agregados gruesos o ambos fueron reemplazados parcialmente (25, 50, 75 y 100%) por agregados de ladrillo triturado” (Debieb y Kenai, 2008, p.1).

Los autores mencionan que “para un aprovechamiento óptimo de este tipo de concreto, el nivel de sustitución debe limitarse al 25% y 50% para agregados de ladrillo triturado grueso y fino respectivamente, con el fin de obtener un concreto de mínima calidad” (Debieb y Kenai, 2008, p. 7).

Teniendo como referencia las investigaciones antes mencionadas, nace la propuesta de realizar el estudio de la arcilla cocida como agregado fino para mejorar las propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural. Este hormigón será de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  siendo adicionado en proporciones de 15%, 20% y 25% por arcilla cocida nueva en reemplazo del agregado fino y de esa forma saber si se obtienen las mismas resistencias ya sea usando ladrillo de arcilla cocida reciclado que uno nuevo.

## 1.2 Contextualización y delimitación del problema

En la presente investigación todos los diseños de mezcla con adición de arcilla cocida como reemplazo del agregado fino tienen un único  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . La norma peruana E.060 menciona que “el concreto estructural,  $f'c$  no debe ser menor a 17MPa” (Vivienda, 2009, p.54). La equivalencia mínima de la resistencia según la norma E.060 es  $f'c = 173.35 \text{ kg/cm}^2$ . Los diseños de mezclas tienen adiciones de arcilla cocida nueva en proporciones de 15%, 20% y 25% en reemplazo del agregado fino.

## 1.3 Formulación de la investigación

### 1.3.1 Problema general

¿Cómo el diseño de mezcla con arcilla cocida como agregado fino influye en las propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural?

### 1.3.2 Problemas específicos

- a) ¿En qué medida el porcentaje de arcilla cocida como agregado fino influye en el asentamiento del hormigón estructural?
- b) ¿En qué medida la relación agua/cemento influye en la resistencia del hormigón estructural usando adición de arcilla cocida?

## 1.4 Objetivos de la investigación

### 1.4.1 Objetivo general

Diseñar una mezcla con arcilla cocida como agregado fino para mejorar las propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- a) Determinar el porcentaje de arcilla cocida como agregado fino para mejorar el asentamiento del hormigón estructural.
- b) Determinar la relación agua/cemento para mejorar la resistencia del hormigón estructural usando adición de arcilla cocida.

## 1.5 Justificación

### 1.5.1 Conveniencia

Conocer la influencia en las propiedades físico – mecánicas del hormigón estructural usando arcilla cocida nueva como agregado fino, permite hacer un comparativo con el uso de la arcilla cocida reciclada y así saber cuál de ellas tiene mejor comportamiento (físico-mecánico). “El uso de ladrillo triturado como agregado en el hormigón es de especial significancia para la protección de fuentes de agregados Naturales” (Zhang, He y Niu, 2020, p. 1).

### 1.5.2 Relevancia social

Los resultados de la presente investigación son de carácter trascendental para la sociedad que tiene desconocimiento y desconfianza por el uso de materiales reciclados usados en el hormigón estructural. Los resultados de la presente investigación son de gran beneficio porque responde la incógnita si al usar arcilla cocida reciclada es tan seguro como usar arcilla cocida nueva en el hormigón estructural y “satisfacer la demanda del hormigón moderno y la sociedad respetuosa con el medio ambiente” (Danga y Zhao, 2019, p. 1).

### 1.5.3 Aplicaciones prácticas

Al conocer la mejora que aporta la arcilla cocida en las propiedades físico - mecánicas del hormigón estructural, se puede aplicar en el desarrollo de diversas obras civiles y edificaciones, “además, los resultados indicaron la

idoneidad del hormigón con agregado de ladrillo de arcilla triturada para su uso en edificios” (Ssein y Zayia, 2017, p. 1).

#### 1.5.4 Utilidad metodológica

Esta investigación sirve como nuevo instrumento para recolección de datos ya que a la fecha no se dispone de mucha información nacional sobre el uso de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino para lograr un hormigón estructural. Aunque existe una gran variedad de literatura publicada sobre el uso de productos de la demolición, son escasos los resultados publicados sobre el efecto neto del uso del triturado de bloque de arcilla como agregado en las diferentes propiedades del concreto tanto en su estado fresco como endurecido. (Moreno et al., 2018, p.6)

#### 1.5.5 Valor teórico

Los resultados de la presente investigación brindan un gran valor teórico ya que a nivel nacional no se está desarrollando el análisis del hormigón estructural con adición de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino, y esto no solo es aplicable para el diseño de una humilde casa, sino que abarca a diferentes tipos de proyectos. Así mismo, esta investigación permite seguir generando ideas para futuras investigaciones: En este sentido, una gran cantidad de estudios son sugeridos en el futuro, esto con la finalidad de establecer lineamientos más claros sobre el diseño de este tipo de concretos. Además, estos estudios deben incorporar cementos diferentes al cemento portland ordinario Tipo I o de uso general. (Moreno et al., 2018, p.6)

#### 1.6 Importancia

Es de suma importancia el desarrollo de diversas investigaciones para fomentar el conocimiento, la investigación que se desarrolla sobre los beneficios que puede brindar la arcilla cocida al hormigón estructural es importante al interés social y académico pues brinda información útil para todo lector y para una posible aplicación en estructuras reales.

## 1.7 Limitaciones

La limitación más significativa para poder llevar a cabo la tesis, es la pandemia mundial Covid-19 que ha generado limitaciones al estudio, trabajo presencial, etc., desde marzo 2020. Referente a información estrictamente relacionada con el uso de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino para hormigón estructural resulta limitada a nivel nacional ya que en la mayoría de investigaciones citadas en toda la presente investigación estudian el uso de arcilla cocida reciclada en reemplazo del agregado grueso.

En cuanto al conjunto de ensayos experimentales que se realizan, sólo dos no se puede realizar, estos son: contenido de aire y peso unitario del concreto fresco debido a que no se dispone de los equipos por su alto costo y no se puede realizar estos dos ensayos (contenido de aire y peso unitario del concreto) dado que los tesisistas no pueden ingresar libremente a un laboratorio privado a realizar la mezcla, a menos que formen parte de la planilla de trabajadores incluidas dentro del plan covid-19 dictado por el Estado Peruano y debido a la pandemia covid-19, el aforo en todo lugar que brinda servicios se ha reducido hasta un 50%.

## 1.8 Delimitación

### 1.8.1 Geográfica

La presente investigación está enfocada para todos los 50 distritos pertenecientes a Lima Metropolitana de los cuales 43 distritos pertenecen a la Provincia de Lima y 7 distritos son de la Provincia Constitucional del Callao. El desarrollo experimental (elaboración de mezcla de hormigón) se realiza en la Mz. P lote 12, urbanización Costa Azul, Distrito de Punta Negra – Lima Metropolitana.

### 1.8.2 Temporal

El período de desarrollo total de la investigación es de siete meses, dentro de este periodo se considera un mes y medio para el ensayo experimental que se realiza en el presente año 2020.

### 1.8.3 Temática

La presente investigación estudia la Arcilla Cocida como Agregado Fino para mejorar las Propiedades Físico-mecánicas del Hormigón Estructural.



#### 1.8.4 Muestral

Cada unidad de análisis es una probeta, el tamaño de muestra para esta investigación consta de 108 probetas de hormigón estructural.

#### 1.9 Alcance

Se realiza el diseño del hormigón estructural con adición de arcilla cocida siguiendo procedimientos adecuados según normas técnicas peruanas (NTP 400.012, 400.017, 400.022, 339.185, 400.018, 339.035, 339.046, 334.077, 339.034, 339.084, 339.078).

#### 1.10 Viabilidad

Es posible llevar a cabo la presente investigación ya que se dispone de tiempo necesario para realizar los ensayos y procesar los resultados. Se cuenta con recursos técnicos mínimos, el presupuesto proyectado para llevar a cabo esta investigación está disponible y como investigación con fines académicos es de gran utilidad.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco histórico

Moreno et al. (2018) en su artículo afirman que:

De acuerdo a los análisis comparativos de diversos estudios de investigación sobre la resistencia del hormigón con el uso del ladrillo de arcilla triturado como sustitución total del agregado grueso, los autores analizan los efectos de este material sustituto en relación a la durabilidad y resistencia a la compresión del hormigón. El presente artículo menciona que los hormigones producidos con agregados reciclados presentan menor resistencia a la compresión que un hormigón tradicional, así como la resistencia a la penetración de los cloruros se reduce a medida que se incrementa la arcilla triturada, esto se debe a la alta porosidad y absorción de la arcilla cocida. Concluyen en que al reemplazar el 100% del agregado grueso por arcilla cocida triturada existe una reducción estimada del 30% con respecto a la resistencia a la compresión para relaciones de agua/cemento entre 0.46 y 0.74. También se menciona que existe gran variedad de literatura sobre el presente tema de investigación, pero son escasos los resultados obtenidos sobre el efecto neto del uso de ladrillo triturado en propiedades del concreto en estado fresco como endurecido, es por ello que sugiere realizar gran cantidad de estudios en el futuro y así contribuir en establecer información clara de fácil entender sobre el diseño de este tipo de hormigón. (pp. 638-641)

Los resultados de resistencia a la compresión según las adiciones de arcilla cocida triturada en el hormigón, se puede concluir que la caída de resistencia a la compresión en el hormigón usando adición de arcilla cocida tiene relación con la dosificación del agua/cemento por lo que a menor relación agua/cemento el porcentaje de caída de resistencia a la compresión es menor.

Pérez (2012) en su artículo afirma que:

De acuerdo al ensayo experimental del uso del triturado de ladrillo reciclado de arcilla cocida como agregado grueso en la elaboración de hormigón como sustituto del agregado natural grueso en proporciones de 0%, 10%, 20% y 30%, se estudia las propiedades químicas del ladrillo de arcilla cocida, así también las propiedades mecánicas de flexión y compresión del hormigón endurecido. De acuerdo al presente artículo indica que no se debe superar el 30% de reemplazo del agregado por arcilla cocida ya que según sus resultados a partir de ese porcentaje empieza a caer representativamente la resistencia del hormigón. Así mismo recomienda que por cada diseño de hormigón con ladrillo reciclado se debe realizar los análisis respectivos ya que las propiedades del ladrillo varían según su calidad y origen. (p.116)

Este artículo de investigación explica los ensayos realizados al hormigón con ladrillo triturado reciclado y concluye que cada bloque de ladrillo de arcilla cocida presenta diversos datos de ensayos ya que existen diversos fabricantes y rangos de valores para su producción. Es por ello que, para realizar el diseño de mezcla con adición de arcilla cocida fina, se debe escoger un solo tipo de ladrillo de 18 huecos proveniente de un mismo fabricante para no alterar los resultados finales, a éste se le realiza los ensayos de peso específico, absorción y humedad.

Ge, Gao, Sun, y Zheng (2012) en su artículo afirman que:

La investigación es de tipo experimental enfocado a la evaluación de las propiedades mecánicas del hormigón usando ladrillo de arcilla en polvo siendo ensayadas a compresión y flexión. Utilizan el método de diseño experimental ortogonal para estudiar la secuencia de importancia de todos los factores que influyen a la mezcla, siendo un total de 17 mezclas incluyendo un hormigón de cemento normal como referencia patrón. El cemento utilizado fue cemento Portland ordinario con una resistencia a la compresión a 28 días de 42,5 MPa, la arcilla en polvo utilizada es adquirida de residuos de construcción reciclados siendo éstos triturados en cuatro tamaños de partículas promedio diferentes (0,3 mm, 0,1 mm, 0,06 mm y 0,04 mm) según el anexo 2 y 3. La prueba de difracción de rayos XRD método de prueba no destructivo que se utiliza para analizar la estructura de materiales cristalinos,

indica que las principales fases cristalinas del ladrillo de arcilla en polvo son: el cuarzo, rutilo y hematita. La absorción de agua es de 22.0%, 16.5%, 12.0% y 10,6% para el ladrillo de arcilla en polvo de 0,04 mm, 0,06 mm, 0,1 mm y 0,3 mm, respectivamente. El agregado para todas las mezclas es la arena natural local. El módulo de finura de la arena es 3.1, la absorción de agua es 2,2% y la gravedad específica 2.6. El agregado grueso es un tipo de piedra caliza local, con diferentes rangos de tamaño de partícula. Este artículo estudia el efecto de cuatro factores: (A) relación agua / material cementoso (W /CM), (B) relación arena, (C) tamaño de partícula promedio y (D) relación de reemplazo de ladrillo de arcilla en polvo en las propiedades mecánicas del concreto. Cada factor tiene cuatro niveles diferente de acuerdo al anexo 4, dado que el diseño factorial completo requiere 256 mezclas, adoptaron por el diseño experimental ortogonal como se muestra en el anexo 5 para reducir el número de mezclas. La mezcla de hormigón de referencia contiene 496 kg/m<sup>3</sup> de cemento, 1759 kg/m<sup>3</sup> de agregado, 139 kg/m<sup>3</sup> de agua y 6 kg/m<sup>3</sup> reductor de agua de gama alta. El peso total de cemento y ladrillo de arcilla en polvo se mantuvo constante (496 kg/m<sup>3</sup>) para todas las mezclas. De acuerdo a los resultados, la adición de ladrillo en polvo de arcilla reciclado puede reducir la resistencia a la compresión del hormigón. Sin embargo, con un diseño de mezcla adecuado, el concreto que contiene arcilla en polvo puede alcanzar 50 MPa o incluso más que la muestra de referencia. La mezcla óptima de resistencia a la compresión tiene W/CM de 0.26, proporción de arena de 33%, 0,06 mm de polvo de ladrillo y 25% reemplazo de cemento. La resistencia a la flexión del hormigón CBP osciló entre 10 y 12 MPa, que estaban cerca de la mezcla de referencia. La relación de resistencia a la compresión/flexión varía entre 3 y 6 MPa. (pp. 2-6)

Debieb y Kenai (2008) en su artículo afirman que:

Examinan la posibilidad de usar el triturado de bloque de arcilla como agregado fino y grueso usando diferentes porcentajes de reemplazos (25, 50, 75 y 100%) a los agregados tradicionales. Los resultados muestran que es factible desarrollar hormigones con triturado de ladrillo de arcilla cocida con características similares a los concretos tradicionales mientras se limite a un 25% y 50% la cantidad de agregado grueso y fino respectivamente. Los

agregados de ladrillo reciclado presentan una densidad aparente relativamente menor y una mayor absorción de agua en comparación con los agregados naturales, la disminución en la resistencia a la compresión a los 28 días de edad es de aproximadamente 35, 30 y 40% cuando se sustituyen los agregados gruesos, finos o ambos, finos y gruesos, respectivamente. Las relaciones entre la resistencia a la compresión y los ensayos no destructivos son muy similares a las establecidas para los agregados naturales de hormigón. La disminución de la resistencia a la flexión es de alrededor del 15%, llegando hasta el 40% cuando se utilizaran agregados de hormigón reciclado gruesos y finos. La relación resistencia a la compresión/flexión varía entre 8,1 y 11,8. (pp. 886 - 892)

En este artículo de investigación inicia su ensayo con reemplazo de arcilla cocida con 25% presentando pérdida notoria de resistencia, la presente tesis a desarrollar pondrá como límite de ensayo el 25% de reemplazo con arcilla cocida.

Khalaf y DeVenny (2005) en su artículo afirman que:

Este ensayo experimental tiene como objetivo establecer las propiedades físicas y mecánicas de ladrillo de arcilla triturada reciclada y nueva para hormigón de cemento portland de acuerdo a normas británicas de agregados naturales, estos resultados son comparados con el agregado granito que ha demostrado ser un buen agregado natural en la producción del hormigón. Se usan 7 tipos de agregados de ladrillos triturados y 1 de granito. 5 tipos de ladrillos nuevos de 215 x 102.5 x 365 mm, éstos se trituran con un martillo para conseguir el agregado grueso de un solo tamaño de 20 mm (es decir, fracciones que pasan el tamiz de 20 mm, pero retenido en 14, 10 y 5 mm de acuerdo a la normativa británica). El agregado 6 es extraído del lugar de reciclaje, arcilla triturada reciclada de tamaño 20mm, es lavado y removido de impurezas, aunque mantiene cierto porcentaje de residuos de madera, metal, vidrio, caucho y mortero según el anexo 6. (pp.1- 4)

Khalaf y DeVenny (2005) en su artículo afirman que:

La cantidad de mortero se estima que fue un 2%, es difícil de calcular ya que las partículas de mortero se encuentran adheridas a la arcilla reciclada. El agregado 7, se obtiene triturando piezas de mampostería de 40 a 60 mm, que pasa por el mismo proceso de triturado con martillo para conseguir partículas de 20mm (que pasan el tamiz de 20 mm, pero retenido en 14, 10 y 5 mm). El agregado 8 fue el granito natural triturado de 20mm. Se presenta en el anexo 7 de gradación de agregados para el hormigón de acuerdo a los resultados para determinar las propiedades físicas y de los agregados de arcilla nueva y reciclada, se muestra que la mayoría del agregado de arcilla triturada reciclada pueden ser usados en la fabricación de hormigón de cemento portland en aplicaciones civiles de ingeniería de bajo nivel y algunos tipos de agregados de ladrillos poseen buenas propiedades físicas y mecánicas que los califican para producción de hormigón de alta calidad. Los agregados de arcilla reciclada pese a pasar por un proceso de limpieza sigue presentando un pequeño porcentaje de impurezas que puede ser perjudicial para la producción de hormigón. Los dos áridos reciclados tienen un valor de porosidad superior que los nuevos agregados de ladrillo triturado y el agregado de granito. Por lo que éstos dos agregados tendrán una mayor demanda de agua al momento de preparar hormigón con cemento portland. Los resultados de la prueba de impacto muestran que todos los demás agregados caen dentro de los límites adecuados para hormigón que se va a utilizar para suelos de alta resistencia y superficies de desgaste del pavimento. (pp.4 - 8)

## 2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

### 2.2.1 Investigaciones nacionales

Rosas (2018) en su tesis afirma que:

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el uso del ladrillo de arcilla cocida en exceso en reemplazo del agregado grueso para la fabricación de concreto hidráulico, para ello realiza 5 diseños de mezcla, una muestra patrón y las otras con reemplazo de ladrillo triturado de arcilla cocida en proporciones de 20%, 30%, 40% y 50%, todas con una relación a/c de 0.52 en condiciones seco al aire y saturado con superficie seca. Sus resultados muestran que la humedad del ladrillo triturado tiene incidencia en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del hormigón. (pp.31 - 65)

Esta investigación establece unos porcentajes de reemplazo de arcilla cocida por agregado natural que ayuda a definir el rango de adición para la evaluación en el hormigón estructural. Recomienda que no se debe exceder del 30% de reemplazo de arcilla cocida por agregado natural y que es recomendable saturarlo antes de iniciar la mezcla para evitar que la arcilla absorba demasiada agua y afecte la tratabilidad del hormigón. Los porcentajes que se evalúan como reemplazo de arcilla cocida por agregado fino son de 15%, 20% y 25% manteniendo su humedad natural para poder analizar los beneficios en las propiedades físico-mecánicas en el hormigón estructural.

Vera (2018) en tu tesis afirma que:

Al realizar distintas pruebas de mezcla con relación agua/cemento 0,56 comprueba que al adicionar las perlitas de poliestireno expandido se incrementa el asentamiento del concreto significativamente con relación al diseño patrón que obtuvo un asentamiento de 3,0", con el diseño de adición de 0,5% de poliestireno se obtuvo un asentamiento de 6,0"; con el diseño adición de 0,6% se obtuvo un asentamiento de 6,5" y con el diseño de adición de 0,8% se obtuvo un asentamiento de 7", no obstante al adicionarle el 1% del aditivo plastificante viscocrete 1110 y realizar una reducción del 25% de agua se obtuvieron los siguientes resultados, con el diseño de 0,5% se obtuvo un asentamiento de 6,5", con el diseño

de 0,6% se obtuvo un asentamiento de 7'' y con el diseño de 0,8% se obtuvo un asentamiento de 7,0''. (p. 136)

Esta tesis brinda información particular con referente al asentamiento, ya que experimentalmente demuestra que al momento de adicionar un material nuevo a la mezcla patrón, se modifica el asentamiento real ya que cada material que se adiciona tiene un comportamiento diferente, en el caso de la arcilla cocida según las normas técnicas peruanas NTP 399.613, NTP 331.017 y la RNE 0.70 su contenido de absorción debe tener un máximo de 22%, por lo que se pretende escoger un ladrillo que cumpla la normativa.

Gastañaga y Pascacio (2018) en su tesis afirman que:

De acuerdo a varios medios científicos, menciona que el mundo está estudiando intensivamente los ladrillos de arcilla descartados de las fábricas, así como producto de la demolición. Por ejemplo los científicos de China vienen investigando este tema desde hace más de 12 años para emplear este producto molido como sustituto parcial del agregado grueso y agregado fino en la producción de morteros y concretos de resistencias bajas, en Egipto se investigan a los residuos de construcción y demolición como material componente en los trabajos de pavimentación de vías secundarias, en la India se viene estudiando el potencial de los productos de demolición y de desecho de construcción como puzolana en la elaboración de morteros y concretos. Otro dato muy importante de esta tesis es que muestra los resultados de encuestas realizadas sobre este tema, como resultado se obtuvo que un 60% de la ciudad de Lima menciona que sería una buena opción usar productos reciclados que incluye el ladrillo de arcilla cocida y otros para sustituir materiales en construcción, ese mismo porcentaje no lo usaría para elaborar concreto u hormigón que va a resistir esfuerzos sino en otras aplicaciones como bloques de ladrillo para tabiquería. (pp.28 - 65)

De esta manera se puede corroborar que sigue existiendo la desconfianza por parte de la población por usar un material reciclado en elementos que van a cargar esfuerzos, para poder absolver esta duda se realiza el ensayo experimental usando ladrillos de arcilla cocida en reemplazo del



agregado fino para elaborar un hormigón estructural y así analizar los resultados junto a la información académica recopilada.

Conocc (2018) en su tesis afirma que:

Al realizar la investigación de viabilidad del uso de agregado reciclado para la elaboración de concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  proveniente de la trituración de probetas del laboratorio de ensayos de materiales de una obra en el distrito de la Molina, da como conclusión que el agregado reciclado es menos denso, más absorbente y no es homogéneo, por lo que el autor clasifica de acuerdo a éstas características como un agregado de baja calidad para elaborar concretos siendo ésta su principal desventaja. Según su experiencia el concreto reciclado consume mayor agua en su dosificación, en el caso del ensayo con agregado reciclado fue de 11 % más que el concreto patrón. Este consumo adicional de agua puede variar dependiendo del porcentaje de absorción y el porcentaje de humedad del agregado. El concreto reciclado tiene una menor resistencia que el concreto patrón, a pesar de que ambos fueron diseñados para alcanzar la misma resistencia, considera que es debido a la baja calidad del agregado reciclado. Los resultados de esta investigación indican una diferencia en promedio del 7 % menor en comparación con la resistencia del concreto patrón. Por ser un agregado de baja calidad con características variables se necesita conocer sus propiedades y realizar una correcta dosificación, y recomienda no utilizar el concreto reciclado en elementos estructurales sino se tiene el asesoramiento técnico calificado. (pp.51 - 54)

Debido a la recomendación de no usar material reciclado en elementos estructurales, esta tesis experimental hace uso de ladrillo nuevo de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino para mejorar las propiedades del hormigón estructural.

Vilca (2017) en su tesis afirma que:

Esta investigación determina la influencia del porcentaje de ladrillo desecho como agregado fino sobre el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de un concreto elaborado con cemento Tipo MS. En esta investigación se hace reemplazo con 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de ladrillo de arcilla cocida sobre el agregado fino. Según sus ensayos realizados sugiere el reemplazo de agregado fino en un máximo de un 20% por arcilla cocida. (pp.28-50)

De acuerdo a sus datos y resultados obtenidos definimos nuestros porcentajes usando los múltiplos de cinco como 15%, 20% y 25% de reemplazo y analizar así el hormigón endurecido a 7 días, 14 días y 28 días.

### 2.2.2 Investigaciones internaciones

Pineda y Quintero (2018) en su tesis afirman que:

Realiza la evaluación de polvo de ladrillo mediante ensayo de granulometría por rayos láser que son útiles para conocer los tamaños de estas y las proporciones que le componen, así como para determinar su homogeneidad, donde resulta ser fundamental la finura de la misma, la cual se logra conseguir mediante el ajuste de la clasificación del polvo de ladrillo que se obtiene del molino. Su investigación concluye que mientras más fino es la arcilla cocida presenta mejor adherencia con el cemento y por ende mejora su propiedad mecánica de resistencia. (pp. 169 - 170)

Esta tesis resulta de gran ayuda para definir el tema a investigar experimentalmente. Se quiere comprobar si realmente al usar arcilla cocida en reemplazo del agregado fino se puede conseguir mejores propiedades en el hormigón estructural.

Zhang (2017) en su tesis afirma que:

El proceso de reciclaje de arcilla cocida no está desarrollado, hay limitados conocimientos y normas sobre este tema por lo que esta tesis informa el experimento de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla siendo evaluado la resistencia a la compresión y flexión. Este ensayo usa un 30% de arcilla cocida en el diseño de relación 0,28 agua/cemento siendo comparado con otro diseño que usa agregado de concreto reciclado (RCA). El diseño con 30% de arcilla cocida presenta trabajabilidad óptima y desempeño satisfactorio. El agregado fino de ladrillos de arcilla (de 0,15 mm a 2,36 mm) es un material de alta porosidad, que puede lograr una alta capacidad de absorción de agua, y el resultado demuestra un aumento con referente al rango de partículas. De acuerdo al tamaño de la arcilla de ladrillo reciclado, éste tiende a aumentar la tasa de absorción de agua. (pp.3 - 77)

García (2018) en su tesis afirma que:

Al aplicar distintas metodologías de curado como el isotérmico, insitu y comparación de núcleos extraídos para determinar la resistencia a edades tempranas del hormigón, puede existir una gran variación en los resultados. El autor determina con exactitud la metodología con acondicionamiento de temperatura de curado, verificando el desarrollo del historial de temperaturas en el interior de placas de concreto macizas y determinando la evolución de resistencias de especímenes cilíndricos sometidos a diferentes métodos de curado, comparándolas con la resistencia in situ dada por núcleos extraídos. Los resultados de resistencia a la compresión de los cilindros sin curado y los cilindros con curado isotérmico a 23 °C, presentan diferencias considerables de hasta 7 MPa. Las diferencias son mayores cuando el espesor de la placa se incrementa y es relevante a partir de los 2 días, puesto que el ambiente de los cilindros sin curado se mantiene en temperaturas promedio de 16 °C a diferencia de los 23 °C del curado isotérmico, lo que indica el aumento de la resistencia a edades tempranas con el aumento de la temperatura de curado. (pp. 57 - 69)

El alcance que brinda esta tesis es la importancia de realizar un correcto curado a los especímenes para obtener la resistencia deseada en el plazo programado, la tesis en desarrollo sigue la normativa vigente NTP 334.077 de curado.

Bin (2014) en su tesis afirma que:

Este estudio se enfoca en las propiedades de la arcilla reciclada como reemplazo del agregado fino en diferentes proporciones para la producción de hormigón para ser comparado con el hormigón convencional que se usa para proyectos comerciales y domésticos. Para los diseños de las mezclas usan una relación agua/cemento de 0.45, asentamiento de diseño 7.5 cm  $\pm$ 0.25, los porcentajes de reemplazo al agregado fino usando arcilla cocida a evaluar son de proporciones de 0%, 5%, 10%, 15% y 20%; todos estos diseños son evaluados a 7, 14 y 28 días. Como objetivo de estudio, en laboratorio se evalúa la resistencia a la compresión, flexión y asentamiento. Los resultados de acuerdo al laboratorio muestran que la proporción de reemplazo de agregado fino 10% con arcilla reciclada en el hormigón muestran mejoría en la resistencia y durabilidad del hormigón. (pp. 3 - 15)

De acuerdo al presente estudio, este autor sugiere porcentajes de reemplazo al agregado fino con arcilla cocida en un rango de 5% a 20%, siendo el ideal un 10% de reemplazo.

Bektas (2007) en su tesis afirma que:

Este estudio de investigación tiene como objetivo ampliar las aplicaciones sostenibles en la industria de la construcción estudiando el ladrillo finamente molido obtenido de las demoliciones de mampostería, este material es evaluado como material cementoso puzolánico en el hormigón estudiando los efectos que causa en la pasta de cemento, el mortero y las propiedades mecánicas del hormigón. El ladrillo de arcilla molido (GCB) se obtiene en laboratorio empleando un molino de bolas para lograr la finura requerida. Las propiedades químicas y físicas cumplen con la norma ASTM designada que define los materiales puzolánicos. Para el ensayo, se reemplaza por 25% de arcilla molida en

peso del cemento. La prueba de las propiedades mecánicas del concreto que contiene hasta un 25% de arcilla molida demostró que los valores eran bajos en edades tempranas pero mayores o comparables en edades posteriores en comparación con el control, adicionalmente mejora la resistencia a la penetración de cloruros. Estos resultados sugirieron una actividad puzolánica proporcionada por el ladrillo finamente molido y el uso de arcilla molida en hormigón puede reducir eficazmente el deterioro de la reacción álcali-sílice en el hormigón. (pp.5 - 55)

## 2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

### 2.3.1 Conceptualización del hormigón

El concreto hidráulico u hormigón, es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena y grava y en algunos casos de aditivos. Es actualmente el material más empleado en la industria de la construcción por su duración, resistencia, impermeabilidad, facilidad de producción y economía. El hormigón presenta como las piedras naturales una alta resistencia a la compresión, pero una baja resistencia a la tracción (generalmente es el 10% de su resistencia a los esfuerzos de compresión) por lo cual se refuerza con varillas de acero, para que sean éstas las que soporten tales esfuerzos (concreto armado). (Gutiérrez, 2003, p. 33)

### 2.3.2 Hormigón o concreto estructural

“El concreto estructural,  $f'c$  no debe ser inferior a 17 MPa” (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2009, p. 54).

### 2.3.3 Arcilla cocida

En la presente investigación se está usando el ladrillo Tipo IV, y la norma peruana (NTP 331.017) define a la arcilla como: La unidad de albañilería fabricada de arcilla moldeada, extruida o prensada en forma de prisma rectangular y quemada o cocida en un horno. Está compuesto por arcilla el cual es un mineral terroso o pétreo que contiene esencialmente silicatos de aluminio hidratados. La arcilla es plástica cuando está suficientemente pulverizada y saturada, es rígida cuando esta seca y es vidriosa cuando se quema a temperatura del orden de 1000 °C. Su elaboración puede ser de forma artesanal

como de forma industrial y existen cinco tipos en el Perú: Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV, Tipo V. (Inacal, 2017, p. 1)

#### 2.3.4 Propiedades físicas del hormigón

a. Segregación del hormigón se define como:

Un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc. Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, el traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tiende a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la lechada asciende a la superficie. (Abanto, 1998, p. 50)

b. Trabajabilidad del hormigón se define como:

Se entiende por trabajabilidad a aquella propiedad del concreto al estado no endurecido la cual determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad, así como para ser acabado sin que se presente segregación. (Riwa, 1992, p. 35)

c. Hidratación del hormigón se define como:

La hidratación del cemento Portland es una secuencia de reacciones químicas entre los componentes minerales del clínker, el sulfato cálcico y el agua. Estas reacciones se producen de manera simultánea, a diferentes velocidades e influenciándose unas sobre otras. Este proceso conduce finalmente al fraguado y endurecimiento de la pasta de cemento. (Instituto Americano de Concreto, 2015, p. 35)

d. Tiempo de fraguado del hormigón se define como:

Al proceso por el que atraviesa el cemento cuando comienza a endurecerse por la pérdida de su plasticidad, y el tiempo estimado en el que se comienza a endurecer es de unas 10 horas; aunque el tiempo que tarda puede ser muy variado, según expertos en la construcción incluso puede llegar a ser

muchísimo más tiempo que el mencionado anteriormente. (Cementos Inka, 2018, párrafo 1)

#### 2.3.5 Propiedades mecánicas del hormigón

a. Resistencia a la compresión del hormigón se define como:

La resistencia a la compresión del concreto se rige principalmente por la resistencia e interacción de sus fases constituyentes: La resistencia de la pasta hidratada y endurecida, la resistencia de las partículas del agregado y la resistencia de la interfase matriz – agregado. (Portugal, 2007, p. 210)

b. Durabilidad del hormigón se define como:

La utilización de bajas relaciones a/c prolongara la vida útil del hormigón reduciendo la penetración de líquidos agresivos. La resistencia a condiciones severas de intemperie, particularmente a congelación y deshielo y a sales utilizadas para eliminar hielo, se mejora notablemente incorporando aire correctamente distribuido. El aire inyectado debe utilizarse en todo concreto en climas donde se presente la temperatura del punto de congelación. (Torre, 2004, p. 89)

#### 2.4 Definición de términos básicos

a. Diseño de mezcla con arcilla cocida como agregado fino:

“El diseño de mezclas, consiste en aplicar técnicamente los conocimientos sobre sus componentes para obtener requerimientos particulares del concreto requerido en el proyecto u obra” usando arcilla cocida como agregado fino (Torre, 2004, p. 87).

b. Propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural:

“Las propiedades del hormigón son sus características o cualidades básicas. Las cuatro propiedades principales del hormigón son: trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad” (IMCYC, 2004, sección propiedades del concreto, párrafo 1).

c. Arcilla cocida:

Es el agregado mineral terroso o pétreo que contiene esencialmente silicatos de aluminio hidratados. La arcilla es plástica cuando está suficientemente pulverizada y saturada, es rígida cuando está seca y es vidriosa cuando se quema a temperatura del orden de 1 000 ° C. (Inacal, 2016, p. 1)

d. Porcentaje de arcilla cocida como agregado fino:

Pérez (2012) define que, el porcentaje de arcilla cocida no debe exceder al 30% de reemplazo como agregado fino en el hormigón (p. 10).

e. Relación agua/cemento:

“Es la relación entre la masa del agua, excluyendo la que es absorbida por los agregados, a la masa de cemento Portland en una mezcla cementosa, expresado en forma decimal (Inacal, 2015, p. 35)”.

f. Ensayo de asentamiento:

“Medida de la consistencia del mortero o concreto fresco, expresada por el descenso de una masa plástica representativa del pastón, al quedar libre del soporte metálico tronco cónico en el que fue moldeado” (ASOCEM, 2013, p. 6).

g. Resistencia del hormigón

“Valor estadístico que garantiza que el 95% del hormigón colocado en obra, posee una resistencia mayor o igual a dicho valor que se utiliza para definir el hormigón utilizado; debe ser comprobado en obra mediante el control de calidad” (Mengual, 2020, sección resistencia característica del hormigón).

h. Gradación del agregado fino y del agregado grueso:

La gradación se refiere al tamaño de las partículas y a la distribución de las mismas en una masa de agregado. Se determinan mediante el análisis granulométrico que consiste en hacer pasar determinada cantidad del agregado a través de una serie de tamices estándar, dispuestos de mayor a menor. (Rosas, 2018, p. 6)



i. Ensayo de resistencia a la compresión axial:

“Consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla” (Inacal, 2015, p. 3).

j. Ensayo de compresión diametral:

“Ensayo de tracción por hendimiento, que consiste en romper un cilindro de concreto del tipo normalizado para ensayo de compresión, entre los cabezales de una prensa según las generatrices opuestas” (ASOCEM, 2013, p. 6).

k. Ensayo de resistencia a la flexión:

Consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará, según la ubicación de la falla: dentro del tercio medio o a una distancia de este no mayor del 5 % de la luz libre. (Inacal, 2017, p. 2)

l. Hormigón o concreto estructural:

“El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo” (Torre, 2004, p. 74). “El concreto estructural,  $f'_c$  no debe ser inferior a 17 MPa” (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2009, p. 54).

m. Cuadros y gráficos:

“Los cuadros y los gráficos son dos maneras equivalentes de presentar la información. Las dos exponen ordenadamente la información recogida en una muestra o población” (Taipe, 2017, sección 4).

n. Técnicas de investigación

“Las técnicas de investigación son el conjunto de herramientas, procedimientos e instrumentos utilizados para obtener información y conocimiento. Se utilizan de

acuerdo a los protocolos establecidos en cada metodología determinada” (Raffino, 2020, párrafo 1).

## 2.5 Hipótesis

### 2.5.1 Hipótesis general

Al diseñar una mezcla con arcilla cocida como agregado fino se mejora las propiedades físico-mecánicas del hormigón.

### 2.5.2 Hipótesis específicas

- a) Al determinar el porcentaje de arcilla cocida como agregado fino se mejora el asentamiento del hormigón estructural.
- b) Al determinar la relación agua/cemento se mejora la resistencia del hormigón estructural usando adición de arcilla cocida.

## 2.6 Variables

- Variable independiente

Diseño de mezcla con arcilla cocida como agregado fino.

Indicadores:

- Porcentaje de arcilla cocida como agregado fino.
- Relación a/c.

- Variable dependiente

Propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural.

Indicadores:

- Asentamiento del hormigón estructural.
- Resistencia del hormigón estructural.

## 2.7 Sistemas de variables

### 2.7.1 Definición conceptual

- La variable independiente

Sigue los lineamientos estipulados en el método ACI para lograr un hormigón estructural de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de arcilla cocida en porcentajes de 15%, 20% y 25%.

- La variable dependiente

Requiere de ensayos como asentamiento, resistencia axial, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión para su respectivo análisis para comprobar si existe mejora con respecto al hormigón estructural convencional.

#### 2.7.2 Definición operacional

La variable independiente requiere que las propiedades físicas de los agregados cumplan las normas ASTM C136, ASTM C128, ASTM C29 y ASTM C127 para aplicar el diseño de mezcla por método ACI. El ladrillo king kong 18 huecos de arcilla cocida pasa por un tratamiento mecánico para ser transformado en agregado fino.

La variable dependiente, en sus propiedades físicas se va medir el slump con el ensayo de cono de abrams. Para sus propiedades mecánicas se ensaya a compresión y tracción las muestras obtenidas del diseño de mezcla en probetas cilíndricas y para el ensayo de flexión las muestras están en moldes de vigas rectangulares.

### 2.7.3 Operalización de variable

Tabla N° 1: Operalización de Variable

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramientas
<b>Variable Independiente</b>  Diseño de mezcla con arcilla cocida como agregado fino.	Sigue los lineamientos estipulados en el método ACI para lograr un hormigón estructural de $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> con adición de arcilla cocida en porcentajes de 15%, 20% y 25%.	Requiere que las propiedades físicas de los agregados cumplan las normas ASTM C136, ASTM C128, ASTM C29 y ASTM C127 para aplicar el diseño de mezcla por método ACI. El ladrillo king kong 18 huecos de arcilla cocida pasa por un tratamiento mecánico para ser transformado en agregado fino.	Porcentaje de arcilla cocida como agregado fino.	%	Cuantitativa continua	Equipos de laboratorio de ensayo de materiales	
			Relación a/c	kg	Cuantitativa continua	RNE E-060	Método diseño mezcla ACI
<b>Variable Dependiente</b>  Propiedades físico-mecánicas del Hormigón estructural.	Requiere de ensayos como asentamiento, resistencia axial, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión para su respectivo análisis para comprobar si existe mejora con respecto al hormigón estructural convencional.	En las propiedades físicas del hormigón se va medir el slump con el ensayo de cono de abrams. Para las propiedades mecánicas del hormigón estructural con arcilla cocida se va ensayar a compresión y tracción las muestras obtenidas del diseño de mezcla en probetas cilíndricas y para el ensayo de flexión las muestras estarán en moldes de vigas rectangulares.	Asentamiento del hormigón estructural.	cm	Cuantitativa continua	NTP 339.045 NTP 400.012	Cono de Abrams
			Resistencia del hormigón estructural.	kg/cm <sup>2</sup>	Cuantitativa continua	NTP 339.034 NTP 339.084 NTP 339.078 Software Excel SPSS	Equipo de rotura

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Método de la investigación**

Siguiendo la metodología del artículo de investigación “Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica”, el método de investigación de la presente tuvo un “enfoque cuantitativo dado que se presentan los resultados en porcentajes” (Chavarry, Chavarría, Arieta, Pereyra, y Rengifo, 2020, p. 33). Esta tesis mostró los resultados con valores numéricos expresados en porcentajes.

### **3.2 Tipo de la investigación**

En la tesis se define el tipo de investigación como: Descriptivo - explicativo porque indica el comportamiento mecánico del hormigón durante el proceso del desarrollo de las pruebas en el laboratorio indicando la causa (porcentaje de arcilla cocida) y el efecto (propiedades físico-mecánicas), para especificar si hay mejoras en las propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural. (Chavarry et al.,2020, p. 34)

### **3.3 Nivel de la investigación**

El nivel de la investigación fue “descriptivo porque se establecen procedimientos adecuados según la norma para obtener la dosificación” del hormigón estructural con adición de arcilla cocida (Chavarry et al.,2020, p. 34).

### **3.4 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación se definió como “experimental, debido a que se manipulan deliberadamente los porcentajes” de arcilla cocida entre 15%, 20% y 25%, como agregado fino para el diseño de hormigón estructural” (Chavarry et al.,2020, p. 34). De acuerdo con la direccionalidad es longitudinal ya que se realizaron los ensayos correspondientes en tiempos periódicamente establecidos para cada prueba en 7 días, 14 días y 28 días.

### 3.5 Población y muestra

#### 3.5.1 Población

Los testistas a voluntad propia decidieron usar 4 diseños de mezcla con diferente dosificación de arcilla cocida en 15%, 20% y 25%. Por cada mezcla se elaboraron 27 muestras que son ensayadas a compresión, tracción y flexión a los 7, 14 y 28 días.

#### 3.5.2 Muestra

El total de muestras ensayadas son 108, de los cuales 72 están en probetas cilíndricas de 15cm (6 pulgadas) de diámetro y 30 cm (12 pulgadas) de altura; 36 son muestras de vigas de 6"x 6" x 20". A continuación, se detalla en las tablas tabla 2, tabla 3 y tabla 4 la cantidad de probetas y vigas que se ensayó por cada diseño de mezcla y según días.

Tabla N° 2: Cantidad de Muestras para Ensayo a Compresión

N°	Diseño de Mezcla para Probetas	F'c	N° de Especímenes			
			Día 7	Día 14	Día 28	Muestra
1	Hormigón Diseño Patrón	210	3	3	3	9
2	Hormigón + 15% de Arcilla Cocida	210	3	3	3	9
3	Hormigón + 20% de Arcilla Cocida	210	3	3	3	9
4	Hormigón + 25% de Arcilla Cocida	210	3	3	3	9
Muestra total						36

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3: Especímenes para Ensayo a Tracción por Compresión Diametral

N°	Diseño de Mezcla para Probetas	F'c	N° de Especímenes			
			Día 7	Día 14	Día 28	Muestra
1	Hormigón Diseño Patrón	210	3	3	3	9
2	Hormigón + 15% de Arcilla Cocida	210	3	3	3	9
3	Hormigón + 20% de Arcilla Cocida	210	3	3	3	9
4	Hormigón + 25% de Arcilla Cocida	210	3	3	3	9
Muestra total						36

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4: Cantidad de Muestras para Ensayo de Flexión

N°	Diseño de Mezcla para Vigas	F'c	N° de Especímenes			
			Día 7	Día 14	Día 28	Muestra
1	Hormigón Diseño Patrón	210	3	3	3	9
2	Hormigón + 15% de Arcilla Cocida	210	3	3	3	9
3	Hormigón + 20% de Arcilla Cocida	210	3	3	3	9
4	Hormigón + 25% de Arcilla Cocida	210	3	3	3	9
Muestra total						36

Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados son formatos elaborados por los propios tesisistas con datos obtenidos del laboratorio MTL Geotecnia SAC para los análisis de los agregados, así como las máquinas para los ensayos de rotura, balanza, tamices, horno y otros. La mezcladora, las probetas cilíndricas metálicas, molde de vigas de madera, cono de abrams metálico son propios, entre otros para realizar la mezcla. Todos los ensayos realizados para la obtención de datos siguen las normativas técnicas peruanas NTP. Los 4 diseños de mezcla se realizaron con cemento Sol

Tipo I y agregados de la Cantera de la Unión de Concreteras S.A. Los métodos y técnicas utilizados para el estudio fueron: relación agua y cemento (RNE E.060); ensayo de asentamiento (NTP 339.045 - NTP 400.012); curado de concreto (NTP 334.077); ensayo de resistencia a la compresión axial (NTP 339.034); ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral (NTP 339.084); ensayo de resistencia a la flexión (NTP 339.078); diseño de mezclas usando el método del Instituto Americano de Concreto ACI.

### 3.7 Descripción de procedimiento de análisis

Los ensayos que se realizaron a los agregados fino y grueso siguen la normativa ASTM C136, ASTM C128, ASTM C29 y ASTM C127, con esos datos obtenidos se procedió a realizar el diseño de mezcla usando método ACI. Se realizó cuatro diseños de mezcla usando cemento Tipo I con adiciones de arcilla cocida en proporciones de 15%, 20% y 25% y un hormigón patrón para Lima Metropolitana, estas mezclas para hormigón estructural fueron ensayadas a 7 días, 14 días y 28 días. En hormigón fresco se realizó el ensayo de asentamiento por cada diseño de mezcla, se usó el cono de abrams metálico y se siguió la normativa técnica peruana NTP 339.045; se usó moldes metálicos para las probetas cilíndricas y los moldes para vigas fueron hechos de madera ya que estos no están disponibles en el mercado. Para el correcto curado de las probetas se siguió la NTP 333.077.

Llegado los días a ser ensayados, se procedió con el ensayo de compresión axial NTP 339.034 para 36 probetas, ensayo de tracción por compresión diametral NTP 339.084 para 36 probetas y ensayo de resistencia a la flexión NTP 339.078 para 36 vigas, se tomó registro de cada una de los valores de resistencias. Con los datos obtenidos se hizo una base de datos en excel, luego fueron procesados usando *software spss* para mostrar la comparación de resistencias de los diferentes diseños de mezclas realizados.



## CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Características de los agregados

#### 4.1.1 Propiedades del agregado fino

##### a. Granulometría del agregado fino:

El agregado fino es el resultado proveniente de la degradación natural o artificial, que pasa por el tamiz normalizado 9,5mm (3/8 pulgadas) y queda retenido en el tamiz normalizado 74  $\mu\text{m}$  (N° 200), debe cumplir los límites establecidos en la presente norma técnica peruana NTP 400.037. (Inacal, 2014, p. 6)

El agregado fino debe encontrarse lo más limpio posible, no debe presentar residuos de animales, plantas o de desechos orgánicos ya que estos afectarían directamente al hormigón y cumplir las normas NTP 400.037 y ASTM C33. En la siguiente tabla 5 se muestra la granulometría del agregado fino según la norma NTP 400.037 y los rangos de porcentajes que debe pasar el agregado fino de acuerdo al número de tamiz.

Tabla N° 5: Granulometría del Agregado Fino

Tamiz	Porcentaje que Pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (N° 4)	95 a 100
2,36 mm (N° 8)	80 a 100
1,18 mm (N° 16)	50 a 85
600 $\mu\text{m}$ (N° 30)	25 a 60
300 $\mu\text{m}$ (N° 50)	05 a 30
150 $\mu\text{m}$ (N° 100)	0 a 10

Fuente: Tomado de NTP 400.037 (p. 8), por Inacal, 2014.

El agregado fino usado para la elaboración del diseño de mezcla fue de la cantera UNICÓN ya que su producción de agregados para concreto cumple con los estándares vigentes de la norma ASTM C33. En la figura 1 se muestra el agregado fino utilizado. Los procedimientos realizados para el ensayo de granulometría del agregado fino cumplen con la normativa ASTM C136 según figura 2.



Figura N° 1: Agregado Fino de UNICÓN

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 2: Tamices para Ensayo de Granulometría

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra los resultados del ensayo de granulometría en la tabla 6 y figura 3.

Tabla N° 6: Análisis Granulométrico del Agregado Fino

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO</b>						
Tesistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo				
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha	
Arena Gruesa	NTP 400.012	Unicón	497.5 g	MF -A1	08/08/2020	
Malla	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N°4	11.00	2.21	2.21	97.79	95	100
N°8	89.00	17.89	20.10	79.90	80	100
N°16	115.70	23.26	43.36	56.64	50	85
N°30	111.20	22.35	65.71	34.29	25	60
N°50	81.70	16.42	82.13	17.87	10	30
N°100	50.20	10.09	92.22	7.78	2	10
Fondo	38.70	7.78	100.00			
Total	497.50					
				<b>MF-A1</b>	<b>3.06</b>	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3 muestra la gráfica de la granulometría del agregado fino. La línea roja corresponde a la muestra del agregado fino perteneciente a Unicón que fue llevado a laboratorio.

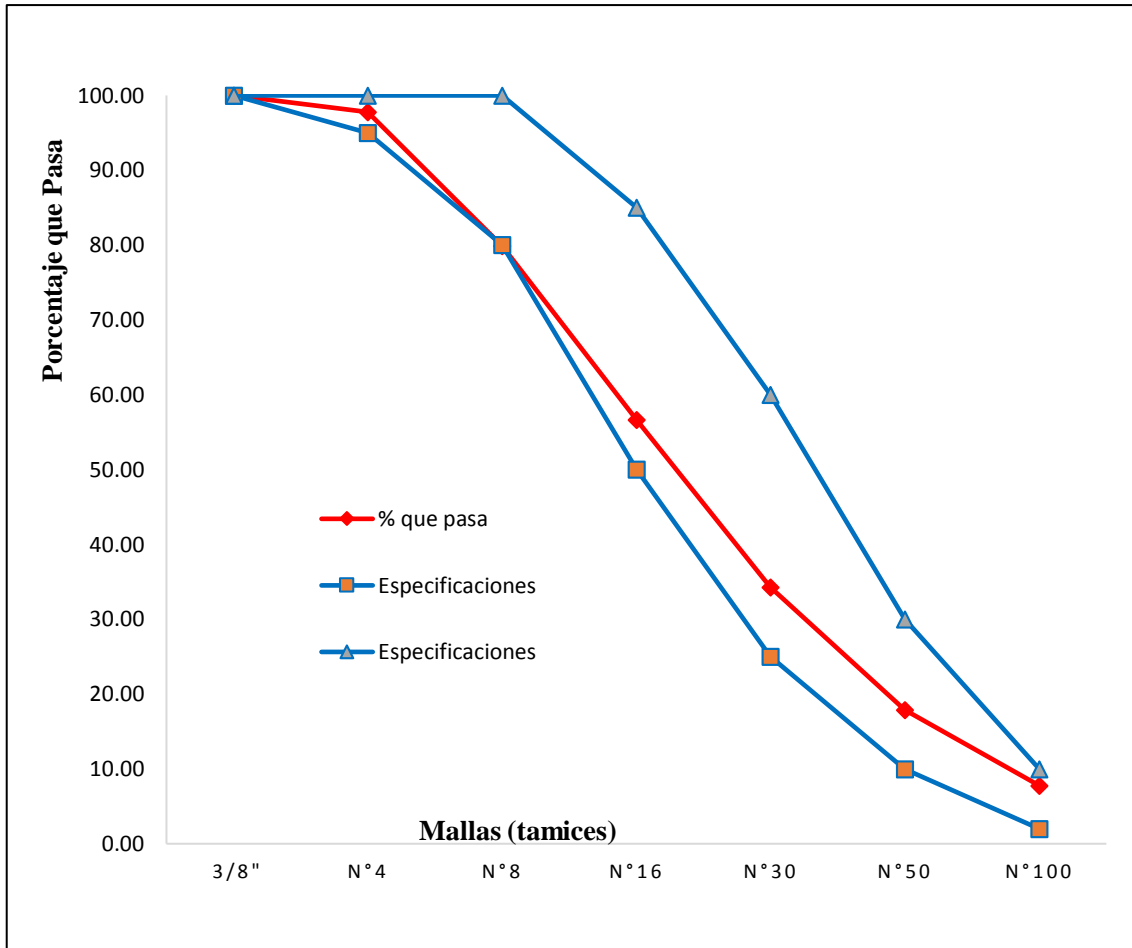


Figura N° 3: Mallas vs Porcentaje que Pasa del Agregado

Fuente: Elaboración propia

b. Módulo de finura:

Es un índice, para determinar características granulométricas de los agregados, se acostumbra a usar en referencia a las arenas, aunque su principio teórico se extiende a cualquier material granular. Este módulo fue inicialmente sugerido por el ya legendario Abrams. El módulo de finura se define como el número que se obtiene al dividir por 100 la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices de la serie normalizada. El valor de este módulo es mayor, cuando el agregado contiene granos más gruesos y decrece cuando el

agregado disminuye de tamaño. Se interpreta, como la indicación del tamiz en que, supuestamente, quedaría retenido o pasaría el 50% del material. (Niño, 2010, p.70)

De acuerdo al análisis granulométrico, el módulo de finura del agregado fino se muestra en la tabla 7.

Tabla N° 7: Resumen del Análisis Granulométrico del Agregado Fino

Ensayo	Espécimen
Módulo de Finura	Mf-A1
<b>Módulo de Finura Promedio</b>	<b>3.06</b>

Fuente: Elaboración propia

c. Peso unitario:

El resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos, el procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. Por ejemplo, para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento. (Torre, 2004, p.47)

d. Peso unitario suelto:

El peso unitario suelto (PUS) se logra obtener colocando el agregado en un recipiente de profundidad y diametro indicado en la NTP 400.017, se coloca de forma natural el agregado procurando no hacer movimiento que alteren la forma del llenado, se llena hasta el rebose para luego enrasar con una varilla cuidadosamente, para luego proceder al pesado de la muestra. Para la obtencion del peso unitario suelto se multiplica el peso neto por el factor de calibracion (f) del recipiente. (Inacal, 2011, pp. 5 - 6)

La figura 4 muestra como se realizó el ensayo de peso unitario suelto al agregado fino en el laboratorio.

e. Peso unitario compactado:

El peso unitario compactado (PUC) se obtiene colocando en el recipiente indicado en la NTP 400.017 tres capas de material fino, cada capa debe ser compactada a 25 golpes con una varilla lisa de punta semiesférica de 5/8" de diámetro, para luego enrasar la superficie quedando lo más uniforme posible, luego se procede a pesar y para la obtención del peso unitario compactado se multiplica el peso neto por el factor de calibración (f) del recipiente. (Inacal, 2011, p. 4)

La figura 4 a continuación muestra cómo se realizó el ensayo de peso unitario compactado al agregado fino.



Figura N° 4: Ensayo Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Fino

Fuente: Elaboración propia

En las tablas (8, 9 y 10), se muestran los resultados de peso unitario suelto y compactado.

Tabla N° 8: Peso Unitario del Agregado Fino – A1

<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO</b>					
Tesistas	Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo				
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arena Gruesa	NTP 400.017	Unicón	-	A1	08/08/2020
<b>Peso Unitario Suelto</b>					
Descripción			Símbolo	Cantidad	Unidad
Peso de la muestra suelta + recipiente				6.606	kg
Peso del recipiente				2.363	kg
Peso de la muestra suelta			Ws	4.243	kg
Peso del agua + recipiente				5.123	kg
Peso del agua			Wa	2.760	kg
Factor de Calibración del recipiente			f	362.32	m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto			PUS	1537	kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso Unitario Compactado</b>					
Peso de la muestra compactada + recipiente				7.434	kg
Peso del recipiente				2.363	kg
Peso de la muestra compactada			Ws	5.071	kg
Peso del agua + recipiente				5.123	kg
Peso del agua			Wa	2.760	kg
Factor de Calibración del recipiente			f	362.32	m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado			PUC	1837	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 9: Peso Unitario del Agregado Fino - A2

<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO</b>					
Tesistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arena Gruesa	NTP 400.017	Unicón	-	A2	08/08/2020
<b>Peso Unitario Suelto</b>					
Descripción		Símbolo	Cantidad	Unidad	
Peso de la muestra suelta + recipiente			6.554	kg	
Peso del recipiente			2.363	kg	
Peso de la muestra suelta		Ws	4.191	kg	
Peso del agua + recipiente			5.123	kg	
Peso del agua		Wa	2.760	kg	
Factor de Calibración del recipiente		f	362.32	m <sup>3</sup>	
Peso Unitario Suelto		PUS	1518	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Peso Unitario Compactado</b>					
Peso de la muestra compactada + recipiente			7.436	kg	
Peso del recipiente			2.363	kg	
Peso de la muestra compactada		Ws	5.073	kg	
Peso del agua + recipiente			5.123	kg	
Peso del agua		Wa	2.760	kg	
Factor de Calibración del recipiente		f	362.32	m <sup>3</sup>	
Peso Unitario Compactado		PUC	1838	kg/m <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia



Tabla N° 10: Peso Unitario del Agregado Fino – A3

<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO</b>					
Tesistas	Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo				
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arena Gruesa	NTP 400.017	Unicón	-	A3	08/08/2020
<b>Peso Unitario Suelto</b>					
Descripción		Símbolo	Cantidad	Unidad	
Peso de la muestra suelta + recipiente			6.558	kg	
Peso del recipiente			2.363	kg	
Peso de la muestra suelta		Ws	4.195	kg	
Peso del agua + recipiente			5.123	kg	
Peso del agua		Wa	2.760	kg	
Factor de Calibración del recipiente		f	362.32	m <sup>3</sup>	
Peso Unitario Suelto		PUS	1520	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Peso Unitario Compactado</b>					
Peso de la muestra compactada + recipiente			7.429	kg	
Peso del recipiente			2.363	kg	
Peso de la muestra compactada		Ws	5.066	kg	
Peso del agua + recipiente			5.123	kg	
Peso del agua		Wa	2.760	kg	
Factor de Calibración del recipiente		f	362.32	m <sup>3</sup>	
Peso Unitario Compactado		PUC	1836	kg/m <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11, se muestra todos los valores de peso unitario suelto y compactado de manera resumida.

Tabla N° 11: Resumen Peso Unitario del Agregado Fino

<b>Resumen Peso Unitario Suelto y Compactado</b>					
Descripción	Ensayos			Promedio	Unidad
	A1	A2	A3		
Peso Unitario Suelto (PUS)	1537	1518	1520	1525	kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado (PUC)	1837	1838	1836	1837	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

f. Peso específico del agregado fino:

Este método de ensayo determina la densidad promedio de una cantidad de partículas de áridos finos (sin incluir el volumen de los huecos entre las partículas), la densidad relativa (peso específico) y la absorción de los áridos finos. Dependiendo del procedimiento usado, la densidad en  $\text{kg/m}^3$  ( $\text{lb/ft}^3$ ) es expresada como secada al horno (S), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad aparente. Igualmente, la densidad relativa (gravedad específica), cualidad sin dimensión, es expresada como secada al horno (S), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad (S) y la densidad relativa (S) se determinan después de secar los áridos. La densidad SSS, la densidad relativa SSS y la absorción se determinan después de sumergir los áridos en agua durante un tiempo determinado. (ASTM, 2014, p. 1)

En la tabla 12 y 13 se muestra todos los valores obtenidos en el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

Tabla N° 12: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - A1</b>					
Tesisistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arena Gruesa	NTP 400.022	Unicón	500.12 g	A1	08/08/2020
<b>Peso Unitario Suelto</b>					
Descripción		Símbolo	Cantidad	Unidad	
Peso de la Fiola			171.00	g	
Peso de la Arena Superficialmente Seca			500.12	g	
Peso de la Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola			671.12	g	
Peso de la Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola + Peso del Agua			982.60	g	
Peso del Agua		W	311.48	g	
Peso de la Arena Seca		A	494.10	g	
Volumen de la Fiola		V	498.00	ml	
Peso Específico de Masa: $A/(V-W)$			2.65	$g/cm^3$	
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco $500/(V-W)$			2.68	$g/cm^3$	
Peso Específico Aparente $A/((V-W) - (500-A))$			2.74	$g/cm^3$	
Porcentaje De Absorción: $((500-A) / A) * 100$			1.2	%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO – A2</b>					
Tesisistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arena Gruesa	NTP 400.022	Unicón	500.4 g	A2	08/08/2020
<b>Peso Unitario Suelto</b>					
Descripción		Símbolo	Cantidad	Unidad	
Peso de la Fiola			171.00	g	
Peso de la Arena Superficialmente Seca			500.40	g	
Peso de la Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola			671.40	g	
Peso de la Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola + Peso del Agua			984.50	g	
Peso del Agua		W	313.10	g	
Peso de la Arena Seca		A	493.70	g	
Volumen de la Fiola		V	498.00	ml	
Peso Específico de Masa: $A/(V-W)$			2.67	g/cm <sup>3</sup>	
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco $500/(V-W)$			2.70	g/cm <sup>3</sup>	
Peso Específico Aparente $A/((V-W) - (500-A))$			2.76	g/cm <sup>3</sup>	
Porcentaje De Absorción: $((500-A) / A) * 100$			1.3	%	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 14 muestra de forma resumida los valores obtenidos del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

Tabla N° 14: Resumen Específico y Absorción del Agregado Fino

<b>Resumen Específico y Absorción del Agregado Fino</b>				
Descripción	Ensayos		Promedio	Unidad
	A2	A3		
Peso Específico de Masa	2.65	2.67	2.66	g/m <sup>3</sup>
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.68	2.70	2.69	g/m <sup>3</sup>
Peso Específico Aparente	2.74	2.76	2.75	g/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Absorción	1.19	1.28	1.20	%

Fuente: Elaboración propia

g. Contenido de humedad del agregado fino:

El contenido de agua dentro del agregado, expresado en porcentaje es por definición la diferencia del peso del agregado húmedo y el peso del agregado en condición seca, entre el peso del agregado en condición seca. (Abanto, 1998, p. 39)

$$\% \text{ humedad} = \%w = \frac{H - S}{S} \times 100$$

Donde:

H = peso del agregado húmedo

S = peso del agregado en condición seca

En la tabla 15 se muestra los resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino.

Tabla N° 15: Contenido de Humedad del Agregado Fino – A1

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO – A1</b>					
Tesisistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arena Gruesa	NTP 339.185	Unicón	500.14 g	A1	08/08/2020
Descripción			Símbolo	Cantidad	Unidad
Peso de la Tara				289.24	g
Peso de la Tara + Muestra Húmeda				789.38	g
Peso de la Muestra Húmeda			A	500.14	g
Peso de la Tara + Muestra Seca				786.91	g
Peso de la Muestra Seca			B	497.67	g
Contenido de Agua			A – B	2.47	g
Contenido de Humedad: $((A-B) / B) * 100$			H	0.50	%

Fuente: Elaboración propia

h. Malla 200 del agregado fino:

La Norma Técnica Peruana NTP 400.018 correspondiente al método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75µm (N° 200) por lavado en agregados. Esta norma establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200), en el agregado a emplearse en la elaboración de hormigones (concretos) y morteros. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en el agua, serán removidos del agregado durante el ensayo. (Indecopi, 2019, p.1)

En la tabla 16, se puede ver el resultado del ensayo del material que pasa la malla 200.

Tabla N° 16: Material que Pasa la Malla 200 del Agregado Fino

<b>MATERIAL QUE PASA LA MALLA 200 DEL AGREGADO FINO A1</b>					
Tesistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arena Gruesa	NTP 400.018	Unicón	500.14 g	A1	08/08/2020
Descripción			Símbolo	Cantidad	Unidad
Peso de la Muestra			P1	500.14	g
Peso de la Muestra Lavada y Secada			P2	497.70	g
Peso del Material que Pasa la Malla #200			P1-P2	2.44	g
% que pasa la Malla # 200: $A = (P1 - P2) / P1 * 100$			A	0.49	%

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2 Propiedades del agregado grueso

##### a. Granulometría del agregado grueso:

Es la distribución de los tamaños de las partículas que constituyen una masa de agregados; se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en dividir una muestra representativa del agregado en fracciones de igual tamaño de partículas; la medida de la cuantía de cada fracción se denomina como granulometría.

El análisis granulométrico consiste en hacer pasar el agregado a través de una serie de tamices que tienen aberturas cuadradas y cuyas características deben de ajustarse a la Norma ASTM C33 y su equivalente NTP 400.012.

En la tabla 17 se muestra lo resultados del análisis granulométrico realizado al agregado grueso.

Tabla N° 17: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO G1</b>						
Tesistas	Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo					
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha	
Piedra chancada	NTP 400.012 ASTM C33	Unicón	2079 g	MG-G1	08/08/2020	
Malla	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
2"	0	0	0	100		
1 1/2"	0	0	0	100		
1"	0	0	0	100	100	100
3/4"	41	2	2	98	90	100
1/2"	951	46	48	52	-	-
3/8"	449	22	69	31	20	55
N° 4	609	29	99	1	0	10
N° 8	0	0	99	1	0	5
Fondo	29	1	100	0		
Total	2079					
				<b>MG-G1</b>	<b>6.70</b>	

Fuente: Elaboración propia



La figura 5 muestra la gráfica de granulometría del agregado grueso

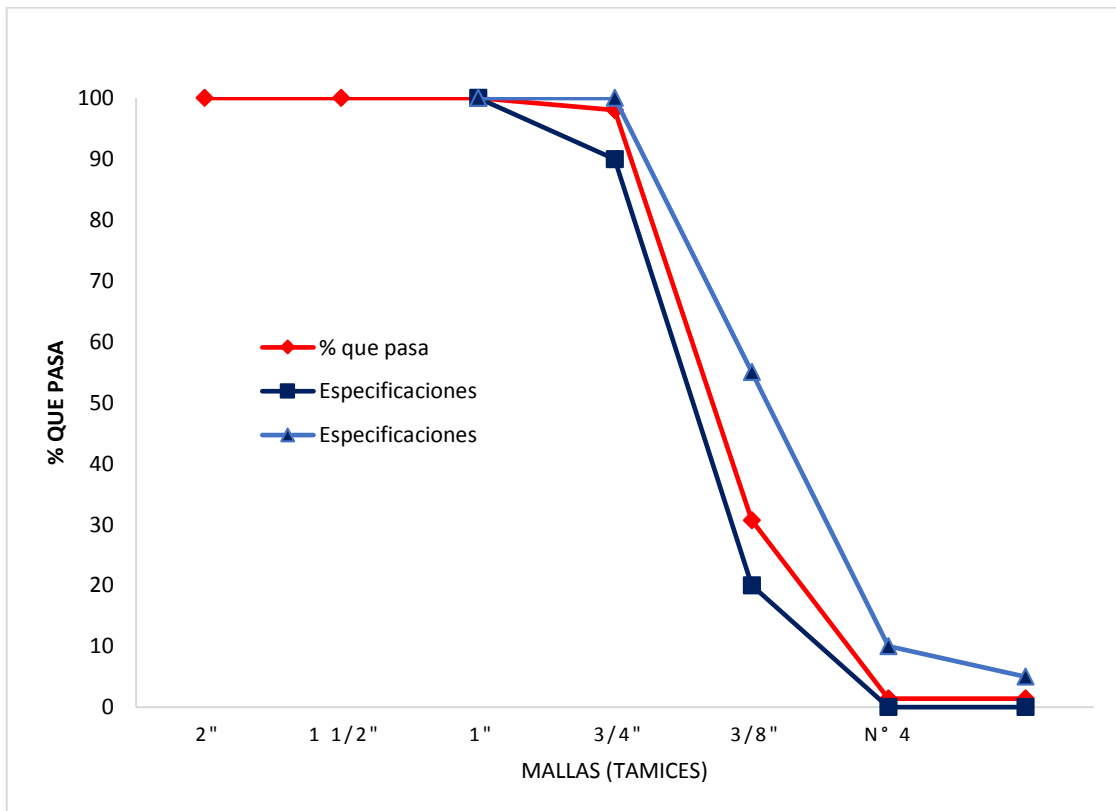


Figura N° 5: Mallas vs Porcentaje que Pasa del Agregado Grueso

Fuente: Elaboración propia

La tabla 18 muestra el valor del módulo de finura obtenido del análisis granulométrico del agregado grueso.

Tabla N° 18: Resumen del Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

Ensayo	Espécimen
Módulo del Grueso	MG-G1
<b>MF - Promedio</b>	<b>6.70</b>

Fuente: Elaboración propia

b. Peso unitario del agregado grueso:

La masa unitaria de un material es la masa del material necesaria para llenar un recipiente de volumen unitario. En la masa unitaria además del volumen de las partículas del agregado se tiene en cuenta los vacíos que hay entre partículas. La masa unitaria puede determinarse compactada o suelta; la masa unitaria compactada se emplea en algunos métodos de dosificación de mezclas y la masa unitaria suelta sirve para estimar la cantidad de agregados a comprar si estos se venden por volumen (volumen suelto) como ocurre comúnmente. La masa unitaria se determina de acuerdo con la NTP 400.017 y su equivalente ASCTM C29.

El ensayo consiste en llenar un recipiente normalizado en forma estandarizada; la masa unitaria se determina como el cociente entre la masa del agregado que contiene el recipiente y el volumen del recipiente. Si el recipiente se llena dejando caer libremente el material desde una altura no mayor de 5 cm por encima de su borde, la masa unitaria determinada es suelta; pero si el llenado se realiza en tres capas, compactando el material, la masa unitaria a ser compactada. (Rivera, 2013, p.66)

Las tablas 19, 20 y 21 muestran todos los valores obtenidos de los ensayos de peso unitario suelto y compactado realizados al agregado grueso en el laboratorio.

Tabla N° 19: Peso Unitario del Agregado Grueso G1

<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO G1</b>					
Tesistas	Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo				
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Piedra Chancada	NTP 400.017	Unicón	-	G1	08/08/2020
<b>Peso Unitario Suelto</b>					
Descripción		Símbolo	Cantidad	Unidad	
Peso de la muestra suelta + recipiente			31.352	kg	
Peso del recipiente			9.80	kg	
Peso de la muestra suelta		Ws	21.552	kg	
Peso del agua + recipiente			23.75	kg	
Peso del agua		Wa	13.950	kg	
Factor de Calibración del recipiente		f	71.68	m <sup>3</sup>	
Peso Unitario Suelto		PUS	1545	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Peso Unitario Compactado</b>					
Peso de la muestra compactada + recipiente			32.852	kg	
Peso del recipiente			9.80	kg	
Peso de la muestra compactada		Ws	23.05	kg	
Peso del agua + recipiente			23.75	kg	
Peso del agua		Wa	13.95	kg	
Factor de Calibración del recipiente		f	71.68	m <sup>3</sup>	
Peso Unitario Compactado		PUC	1652	kg/m <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 20: Peso Unitario del Agregado Grueso G2

<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO G2</b>					
Tesistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar			
		Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Piedra Chancada	NTP 400.017	Unicón	-	G2	08/08/2020
<b>Peso Unitario Suelto</b>					
Descripción		Símbolo	Cantidad	Unidad	
Peso de la muestra suelta + recipiente			31.318	kg	
Peso del recipiente			9.80	kg	
Peso de la muestra suelta		Ws	21.518	kg	
Peso del agua + recipiente			23.75	kg	
Peso del agua		Wa	13.950	kg	
Factor de Calibración del recipiente		f	71.68	m <sup>3</sup>	
Peso Unitario Suelto		PUS	1543	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Peso Unitario Compactado</b>					
Peso de la muestra compactada + recipiente			32.804	kg	
Peso del recipiente			9.80	kg	
Peso de la muestra compactada		Ws	23.00	kg	
Peso del agua + recipiente			23.75	kg	
Peso del agua		Wa	13.95	kg	
Factor de Calibración del recipiente		f	71.68	m <sup>3</sup>	
Peso Unitario Compactado		PUC	1649	kg/m <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 21: Peso Unitario del Agregado Grueso G3

<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO G3</b>					
Tesistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar			
		Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Piedra Chancada	NTP 400.017	Unicón	-	G3	08/08/2020
<b>Peso Unitario Suelto</b>					
Descripción		Símbolo	Cantidad	Unidad	
Peso de la muestra suelta + recipiente			31.396	kg	
Peso del recipiente			9.80	kg	
Peso de la muestra suelta		Ws	21.596	kg	
Peso del agua + recipiente			23.75	kg	
Peso del agua		Wa	13.950	kg	
Factor de Calibración del recipiente		f	71.68	m <sup>3</sup>	
Peso Unitario Suelto		PUS	1548	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Peso Unitario Compactado</b>					
Peso de la muestra compactada + recipiente			32.855	kg	
Peso del recipiente			9.80	kg	
Peso de la muestra compactada		Ws	23.06	kg	
Peso del agua + recipiente			23.75	kg	
Peso del agua		Wa	13.95	kg	
Factor de Calibración del recipiente		f	71.68	m <sup>3</sup>	
Peso Unitario Compactado		PUC	1653	kg/m <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 22 muestra el resumen del resultado de los ensayos peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.

Tabla N° 22: Resumen Peso Unitario del Agregado Grueso

<b>Resumen Peso Unitario Suelto y Compactado</b>					
Descripción	Ensayos			Promedio	Unidad
	G1	G2	G3		
Peso Unitario Suelto (PUS)	1545	1543	1548	1545	kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado (PUC)	1652	1649	1653	1651	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

c. Peso específico y absorción del agregado grueso:

El peso específico de los agregados depende tanto de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. El peso específico aparente del agregado depende de la densidad de los minerales que los componen, así como de la cantidad de poros que contengan. La mayoría de los agregados naturales tienen una densidad relativa del orden de 2.6 a 2.7, y el rango de valores aparece en la tabla 23. (Portugal, 2007, pp.63 - 64)

Tabla N° 23: Pesos Específicos de los Agregados

Agregado	Peso Específico
Agregado Fino	2.525
Agregado Grueso	
T.M. 1"	2.698
T.M. 3/4"	2.715
T.M. 1/2"	2.719
T.M. 3/8"	2.722
T.M. 1/4"	2.711
T.M. N° 4	2.715

Fuente: Obtenido de Portugal, 2007, (p. 64)

En las tablas 24 y 25 siguientes se muestra todos los valores obtenidos del ensayo de peso específico y absorción realizados al agregado grueso.

Tabla N° 24: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO G1</b>					
Tesistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Piedra Chancada	NTP 400.021	Unicón	9650 g	G1	08/08/2020
Descripción			Símbolo	Cantidad	Unidad
Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca			B	9650.00	g
Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca dentro del Agua + Canastilla				6663.10	g
Peso de la Canastilla dentro del Agua				603.00	g
Peso de la Muestra Saturada Dentro del Agua			C	6060.1	g
Peso de la Muestra Seca			A	9570.30	g
Peso Específico de Masa: A/(B-C)				2.67	g
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente seco: B / (B-C)				2.69	ml
Peso Específico Aparente: A/(A-C)				2.73	g/cm <sup>3</sup>
Porcentaje de Absorción: ((B-A) /A) *100				0.8	g/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO G2</b>					
Tesistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar			
		Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Piedra Chancada	NTP 400.021	Unicón	9960.60 g	G2	08/08/2020
Descripción			Símbolo	Cantidad	Unidad
Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca			B	9960.60	g
Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca dentro del Agua + Canastilla				6843.50	g
Peso de la Canastilla dentro del Agua				603.00	g
Peso de la Muestra Saturada Dentro del Agua			C	6240.50	g
Peso de la Muestra Seca			A	9890.70	g
Peso Específico de Masa: A/(B-C)				2.66	g
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente seco: B / (B-C)				2.68	ml
Peso Específico Aparente: A/(A-C)				2.71	g/cm <sup>3</sup>
Porcentaje de Absorción: ((B-A) /A) *100				0.7	g/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia



En la tabla 26 se muestra el resultado resumen del ensayo peso específico y absorción del agregado grueso realizado en el laboratorio.

Tabla N° 26: Resumen Específico y Absorción de la Piedra Chancada

<b>Resumen Peso Específico y Absorción</b>				
Descripción	Ensayos		Promedi	Unidad
	G1	G2	o	
Peso Específico de Masa	2.67	2.66	2.66	g/m <sup>3</sup>
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.69	2.68	2.68	g/m <sup>3</sup>
Peso Específico Aparente	2.73	2.71	2.72	g/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Absorción	0.8	0.7	0.8	%

Fuente: Elaboración propia

d. Peso específico y absorción del agregado grueso:

La norma técnica peruana NTP 339.185 correspondiente al método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado establece el procedimiento experimental 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 contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se 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 medio. (Indecopi, 2017, p. 8)

La tabla 27 muestra los resultados del ensayo de contenido de humedad el agregado grueso.

Tabla N° 27: Contenido de Humedad del Agregado Grueso

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO G1</b>					
Tesistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arena Gruesa	NTP 339.185	Unicón	2088.00 g	G1	08/08/2020
Descripción			Símbolo	Cantidad	Unidad
Peso de la Tara				525.00	g
Peso de la Tara + Muestra Húmeda				2613.00	g
Peso de la Muestra Húmeda			A	2088.00	g
Peso de la Tara + Muestra Seca				2604.59	g
Peso de la Muestra Seca			B	2079.59	g
Contenido de Agua			A – B	8.41	g
Contenido de Humedad: $((A-B) / B) * 100$			H	0.40	%

Fuente: Elaboración propia.

e. Material que pasa la malla #200 del agregado grueso:

El material más fino que pasa la malla # 200 para el agregado grueso según la norma NTP 400.018 establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa por tamiz normalizado de 75  $\mu\text{m}$  (N° 200), en el agregado a emplearse en la elaboración de concretos (hormigones) y morteros, de la misma forma que para el agregado fino. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua, serán removidos del agregado durante el ensayo (Benites, 2011, p.125). (Vera, 2018, p. 63)

La tabla 28 muestra los valores obtenidos del ensayo de material que pasa la malla 200 del agregado grueso.

Tabla N° 28: Material que Pasa la Malla 200 del Agregado Grueso

<b>MATERIAL QUE PASA LA MALLA 200 - AGREGADO GRUESO</b>					
Hurtado Iglesias, Christian Omar					
Tesistas	Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo				
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arena Gruesa	NTP 400.018	Unicón	2088 g	G1	08/08/2020
Descripción			Símbolo	Cantidad	Unidad
Peso de la Muestra			P1	2088.00	g
Peso de la Muestra Lavada y Secada			P2	2079.00	g
Peso del Material que Pasa la Malla #200			P1-P2	29.00	g
% que pasa la Malla # 200: $A = (P1 - P2) / P1 * 100$			A	1.04	%

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2 Características de la arcilla cocida

La presente tesis utilizó ladrillo king kong 18 huecos de arcilla cocida de la cantera Pirámide como se puede apreciar en la figura 6. Para poder utilizar arcilla cocida en reemplazo del agregado fino se tuvo que moler usando una comba hasta conseguir arcilla cocida en polvo como se muestra en la figura 7. Mencionar que esta arcilla cocida proveniente de ladrillos pirámide cumplen con la norma técnica peruana NTP 400.017.



Figura N° 6: Ladrillos de Arcilla Cocida King Kong 18 Huecos

Fuente: Elaboración propia

En la figura 7, se muestra cómo se realizó el proceso de molido de la arcilla cocida de forma manual usando una comba para conseguir la textura fina (polvo), este proceso fue realizado por los tesistas.



Figura N° 7: Proceso de Molido de los Ladrillos de Arcilla Cocida

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber molido la arcilla cocida, una porción fue llevada a laboratorio para que se le realicen los ensayos de peso unitario suelto, compactado, peso específico y absorción. En las tablas siguientes, se muestran todos los resultados obtenidos de cada uno de los ensayos realizados.

Tabla N° 29: Peso Unitario de la Arcilla Cocida A1

<b>PESO UNITARIO DE LA ARCILLA COCIDA</b>					
Tesistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arcilla Cocida	NTP 400.017	Pirámide	-	A1	08/08/2020
<b>Peso Unitario Suelto</b>					
Descripción		Símbolo	Cantidad	Unidad	
Peso de la muestra suelta + recipiente			5.800	kg	
Peso del recipiente			2.363	kg	
Peso de la muestra suelta		Ws	3.437	kg	
Peso del agua + recipiente			5.123	kg	
Peso del agua		Wa	2.760	kg	
Factor de Calibración del recipiente		f	362.32	m <sup>3</sup>	
Peso Unitario Suelto		PUS	1245	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Peso Unitario Compactado</b>					
Peso de la muestra compactada + recipiente			6.408	kg	
Peso del recipiente			2.363	kg	
Peso de la muestra compactada		Ws	4.045	kg	
Peso del agua + recipiente			5.123	kg	
Peso del agua		Wa	2.760	kg	
Factor de Calibración del recipiente		f	362.32	m <sup>3</sup>	
Peso Unitario Compactado		PUC	1466	kg/m <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 30: Peso Unitario de la Arcilla Cocida A2

<b>PESO UNITARIO DE LA ARCILLA COCIDA</b>					
Tesistas	Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo				
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arcilla Cocida	NTP 400.017	Pirámide	-	A2	08/08/2020
<b>Peso Unitario Suelto</b>					
Descripción	Símbolo	Cantidad	Unidad		
Peso de la muestra suelta + recipiente		5.795	kg		
Peso del recipiente		2.363	kg		
Peso de la muestra suelta	Ws	3.432	kg		
Peso del agua + recipiente		5.123	kg		
Peso del agua	Wa	2.760	kg		
Factor de Calibración del recipiente	f	362.32	m <sup>3</sup>		
Peso Unitario Suelto	PUS	1243	kg/m <sup>3</sup>		
<b>Peso Unitario Compactado</b>					
Peso de la muestra compactada + recipiente		6.415	kg		
Peso del recipiente		2.363	kg		
Peso de la muestra compactada	Ws	4.052	kg		
Peso del agua + recipiente		5.123	kg		
Peso del agua	Wa	2.760	kg		
Factor de Calibración del recipiente	f	362.32	m <sup>3</sup>		
Peso Unitario Compactado	PUC	1468	kg/m <sup>3</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 31: Peso Unitario de la Arcilla Cocida A3

<b>PESO UNITARIO DE LA ARCILLA COCIDA</b>					
Tesistas	Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo				
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arcilla Cocida	NTP 400.017	Pirámide	-	A3	08/08/2020
<b>Peso Unitario Suelto</b>					
Descripción			Símbolo	Cantidad	Unidad
Peso de la muestra suelta + recipiente				5.790	kg
Peso del recipiente				2.363	kg
Peso de la muestra suelta			Ws	3.427	kg
Peso del agua + recipiente				5.123	kg
Peso del agua			Wa	2.760	kg
Factor de Calibración del recipiente			f	362.32	m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto			PUS	1242	kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso Unitario Compactado</b>					
Peso de la muestra compactada + recipiente				6.397	kg
Peso del recipiente				2.363	kg
Peso de la muestra compactada			Ws	4.034	kg
Peso del agua + recipiente				5.123	kg
Peso del agua			Wa	2.760	kg
Factor de Calibración del recipiente			f	362.32	m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado			PUC	1462	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 32: Resumen Ensayo de Peso Unitario de la Arcilla Cocida

<b>Resumen Peso Unitario Suelto y Compactado</b>					
Descripción	Ensayos			Promedio	Unidad
	A1	A2	A3		
Peso Unitario Suelto (PUS)	1245	1243	1242	1243	kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado (PUC)	1466	1468	1462	1465	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 33: Peso Específico y Absorción de la Arcilla Cocida

<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA ARCILLA COCIDA</b>					
Tesistas	Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo				
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arcilla Cocida	NTP 400.022	Pirámide	525.42 g	A1	08/08/2020
<b>Peso Unitario Suelto</b>					
Descripción	Símbolo	Cantidad	Unidad		
Peso de la Fiola		137.90	g		
Peso de la Arena Superficialmente Seca		525.42	g		
Peso de la Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola		663.32	g		
Peso de la Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola + Peso del Agua		948.30	g		
Peso del Agua	W	284.98	g		
Peso de la Arena Seca	A	469.60	g		
Volumen de la Fiola	V	497.50	ml		
Peso Específico de Masa: $A/(V-W)$		2.21	$g/cm^3$		
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco $500/(V-W)$		2.35	$g/cm^3$		
Peso Específico Aparente $A/((V-W) - (500-A))$		2.58	$g/cm^3$		
Porcentaje De Absorción: $((500-A) / A) * 100$		6.5	%		

Fuente: Elaboración propia



Tabla N° 34: Peso Específico y Absorción de la Arcilla Cocida A2

<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA ARCILLA COCIDA A2</b>					
Tesistas	Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo				
Agregado	Norma	Cantera	Peso Muestra	Espécimen	Fecha
Arcilla Cocida	NTP 400.022	Pirámide	525.3 g	A2	08/08/2020
<b>Peso Unitario Suelto</b>					
Descripción	Símbolo		Cantidad	Unidad	
Peso de la Fiola			137.90	g	
Peso de la Arena Superficialmente Seca			525.30	g	
Peso de la Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola			663.20	g	
Peso de la Arena Superficialmente Seca + Peso de la Fiola + Peso del Agua			947.20	g	
Peso del Agua	W		284.00	g	
Peso de la Arena Seca	A		470.20	g	
Volumen de la Fiola	V		497.50	ml	
Peso Específico de Masa: $A/(V-W)$			2.20	g/cm <sup>3</sup>	
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco $500/(V-W)$			2.34	g/cm <sup>3</sup>	
Peso Específico Aparente $A/((V-W) - (500-A))$			2.56	g/cm <sup>3</sup>	
Porcentaje De Absorción: $((500-A) / A) * 100$			6.3	%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 35: Resumen Específico y Absorción

<b>Resumen Específico y Absorción de la Arcilla Cocida</b>				
Descripción	Ensayos		Promedio	Unidad
	A1	A2		
Peso Específico de Masa	2.21	2.20	2.21	g/m <sup>3</sup>
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.35	2.34	2.35	g/m <sup>3</sup>
Peso Específico Aparente	2.58	2.56	2.57	g/m <sup>3</sup>
Porcentaje de Absorción	6.5	6.3	6.4	%

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Diseño de mezcla

Existen diversos métodos para el diseño de mezcla de concreto, para el diseño de mezcla se eligió el método ACI debido a ser un método efectivo y confiable. Debido a que se rige de parámetros establecidos como son el principio de volúmenes absolutos, tamaño máximo y tamaño máximo nominal de la piedra, resistencia a la compresión y relación agua cemento, trabajabilidad de la mezcla. (Vera, 2018, p. 69)

Mediante este método, se va conseguir el diseño de mezcla patrón para el hormigón estructural  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ , el cual va ser la base para los 3 diseños de mezcla que usan arcilla cocida de 15%, 20% y 25% en reemplazo de agregado fino.

#### 4.3.1 Características de los agregados

La tabla 36, muestra las características de los agregados que han sido ensayados. Con estos valores se va proceder a realizar el diseño de mezcla por el método ACI. Así también se muestra los datos básicos del agua y cemento utilizado.

Tabla N° 36: Características de los Agregados

Características de los Agregados				
Descripción	Ag. Fino	Ag. grueso	Arcilla Cocida	Unidad
Cantera	Unicón	Unicón	Pirámide	
Módulo de Finura	3.06	6.69	-	-
Peso Unitario Suelto	1525	1545	1243	kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1837	1651	1465	kg/m <sup>3</sup>
Peso Específico de Masa	2.66	2.66	2.21	g/cm <sup>3</sup>
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.69	2.68	2.35	g/cm <sup>3</sup>
Peso Específico Aparente	2.75	2.72	2.57	g/cm <sup>3</sup>
Porcentaje de Absorción	1.20	0.80	6.40	%
Contenido de Humedad	0.50	0.40	0.00	%
Material Que Pasa la Malla # 200	7.70	0.00	-	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 37: Característica del Agua

<b>Característica del Agua</b>	
Procedencia del Agua Usado	Agua Potable
Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	1000

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 38: Característica del Cemento

<b>Característica del Cemento</b>	
Marca del Cemento usado para Mezcla	Cemento Sol
Tipo de Cemento	Portland Tipo I
Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	3150

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2 Diseño de mezcla patrón

Se detalla el proceso realizado paso a paso para el diseño de mezcla patrón usando el método ACI y los valores de las características de los agregados detallados en la tabla 36.

1.-  $f'_{cr} = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$

2.- Asentamiento = (7,5 a 10 ) cm

3.- TMN = 1/2"

4.- Agua de Diseño = 215 + 18 = 233 litros

Aire atrapado = 2.5 %

5- En la tabla 39, usando tabla 3.1 para interpolar y encontrar en valor de la relación agua/cemento.

Tabla N° 39: Tabla 3.1 de la guía de diseño de mezcla ACI

<b>Tabla 3.1 Relación Agua - Cemento por Resistencia</b>		
Resistencia a la compresión probable a los 28 días en kg/cm <sup>2</sup> (f'cr)	Relación agua - cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Obtenido de "tabla 3.1 de la guía de diseño ACI", por ACI.

300 ----- 0.55

294 ----- X

250 ----- 0.62

Entonces la relacion agua/cement es : 0.558

$$6.- FC = \frac{233}{0.558} = 9.82 \text{ Bol/m}^3$$

7.- Metodo ACI

$$mf = 3.06$$

3.06 ----- X

3.00 ----- 0.60

2.80 ----- 0.62

Entonces tenemos que b/bo = 0.594

$$Ps (g) = 0.594 * 1651 * 0.8 = 784.56 \text{ kg}$$

Calculando el Volumen absoluto del agregado fino :

$$\text{Vol. Abs (f)} = 1 - \left( \frac{417.26}{3150} + \frac{748.56}{2660} + \frac{233}{1000} + \frac{2.5}{100} \right) = 0.3146 \text{ m}^3$$

$$\text{Ps (f)} = 0.3146 * 2660 = 836.81 \text{ kg}$$

Para hormigon convencional – diseño patrón

- Hormigon en diseño

$$\text{Cemento} = 417.26 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Fino} = 836.81 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 784.56 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 233 \text{ litros}$$

- Hormigon en obra

$$\text{Cemento} = 417.26 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Fino} = 836.81 + 0.5/100 * 836.81 = 840.99 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 784.56 + 0.4/100 * 784.56 = 787.69 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 215 - (0.5 - 1.2)/100 * 836.81 - (0.4 - 0.8)/100 * 784.56 = 242.00 \text{ litros}$$

En la tabla 40 se muestran las cantidades materiales en kilogramos para el diseño de la mezcla patrón en obra.

Tabla N° 40: Cantidad de Material en Obra por m<sup>3</sup> del Diseño Patrón

Materiales	Peso (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento	417.26
Agregado Fino	840.99
Agregado Grueso	787.69
Agua	242

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3 Diseño de mezcla con arcilla cocida como agregado fino

Al peso en diseño y obra del agregado fino para un metro cúbico, se quita un 15% y es reemplazado por un 15% de arcilla cocida, de esta forma se obtiene las nueva cantidades en peso del nuevo diseño de mezcla. La relación agua/cemento,  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  de la mezcla patrón se mantiene para estos 3 diseños nuevos,

Para hormigon con 15% de arcilla cocida

- Hormigon en diseño

$$\text{Cemento} = 417.26 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. Abs (f)} = 0.3146 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Abs (f)-15\%} = 0.3146 * 0.85 = 0.2674 \text{ m}^3$$

$$\text{Ag. Fino} = 0.2674 * 2660 = 711.29 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 784.56 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. Arcilla Cocida} = 0.3146 * .15 = 0.0472 \text{ m}^3$$

$$\text{Ag. Arcilla Cocida} = 0.0472 * 2210 = 104.29 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 233 \text{ litros}$$

- Hormigon en obra

$$\text{Cemento} = 417.26 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Fino} = 711.29 + 0.5/100 * 711.29 = 714.84 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 784.56 + 0.4/100 * 784.56 = 787.69 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Arcilla Cocida} = 104.29 + 0/100 * 104.29 = 104.29 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 215 - (0.5 - 1.2)/100 * 711.29 - (0.4 - 0.8)/100 * 784.56 - (0 - 6.4)/100 * 104.29 = 247.79 \text{ litros}$$

Para hormigon con 20% de arcilla cocida

- Hormigon en diseño

$$\text{Cemento} = 417.26 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. Abs (f)} = 0.3146 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Abs (f)-20\%} = 0.3146 * 0.80 = 0.2517 \text{ m}^3$$

$$\text{Ag. Fino} = 0.2517 * 2660 = 669.45 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 784.56 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. Arcilla Cocida} = 0.3146 * .20 = 0.0629 \text{ m}^3$$

$$\text{Ag. Arcilla Cocida} = 0.0629 * 2210 = 139.05 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 233 \text{ litros}$$

- Hormigon en obra

$$\text{Cemento} = 417.26 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Fino} = 669.45 + 0.5/100 * 669.45 = 672.79 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 784.56 + 0.4/100 * 784.56 = 787.69 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Arcilla Cocida} = 139.05 + 0/100 * 139.05 = 139.05 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 215 - (0.5 - 1.2)/100 * 669.45 - (0.4 - 0.8)/100 * 784.56 - (0.6 - 0.4)/100 * 139.05 = 249.72 \text{ litros}$$

Para Hormigon con 25% de arcilla cocida

- Hormigon en diseño

$$\text{Cemento} = 417.26 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. Abs (f)} = 0.3146 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Abs (f)-20\%} = 0.3146 * 0.75 = 0.2359 \text{ m}^3$$

$$\text{Ag. Fino} = 0.2359 * 2660 = 627.61 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 784.56 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. Arcilla Cocida} = 0.3146 * .25 = 0.0786 \text{ m}^3$$

$$\text{Ag. Arcilla Cocida} = 0.0786 * 2210 = 173.81 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 233 \text{ litros}$$

- Hormigon en obra

$$\text{Cemento} = 417.26 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Fino} = 627.61 + 0.5/100 * 627.61 = 630.74 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 784.56 + 0.4/100 * 784.56 = 787.69 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Arcilla Cocida} = 173.81 + 0/100 * 173.81 = 173.81 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 215 - (0.5 - 1.2)/100 * 627.61 - (0.4 - 0.8)/100 * 784.56 - (0 - 6.4)/100 * 173.81 = 251.66 \text{ litros}$$

En las tablas siguientes se muestran los resúmenes de las cantidades de material en obra de los tres diseños nuevos con arcilla cocida en 15%, 20% y 25% como reemplazo del agregado fino.

La tabla 41 presenta las cantidades de material en kilogramos de: cemento, agregado fino, agregado grueso y agua para 1 m<sup>3</sup> de mezcla con adición del 15% de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino.

Tabla N° 41: Cantidad de Material en Obra con 15% de Arcilla Cocida

Materiales	Peso (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento	417.26
Agregado Fino	714.84
Agregado Grueso	787.69
Arcilla Cocida	104.29
Agua	247.79

Fuente: Elaboración propia



La tabla 42 presenta las cantidades de material en kilogramos de: cemento, agregado fino, agregado grueso y agua para 1 m<sup>3</sup> de mezcla con adición del 20% de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino.

Tabla N° 42: Cantidad de Material en Obra con 20% de Arcilla Cocida

Materiales	Peso (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento	417.26
Agregado Fino	672.79
Agregado Grueso	787.69
Arcilla Cocida	139.05
Agua	249.72

Fuente: Elaboración propia

La tabla 43 presenta las cantidades de material en kilogramos de: cemento, agregado fino, agregado grueso y agua para 1 m<sup>3</sup> de mezcla con adición del 20% de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino.

Tabla N° 43: Cantidad de Material en Obra con 25% de Arcilla Cocida

Materiales	Peso (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento	417.26
Agregado Fino	630.74
Agregado Grueso	787.69
Arcilla Cocida	173.81
Agua	251.66

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4 Mezcla en obra de hormigón con adición de arcilla cocida

##### a. Equipos y materiales para preparar la mezcla

Antes de iniciar con la preparación de las mezclas, se habilitó materiales y equipos. Se adquirió 6 unidades de probetas metálicas de 15cm de diámetro por 30cm de alto. El material y medidas escogidas fue debido a que en el mercado no se encuentran moldes metálicos de menor dimensión y al no tener compresora, limitaba el uso de probetas de plástico. Así mismo se adquirió el cono de abrams metálico, la comba de goma y varilla metálica. Las caras rectangulares son permisibles, pero el diámetro del círculo inscrito más alejado posible no excederá el diámetro antedicho en la tabla 44.

La norma técnica peruana NTP 339.034 menciona: “el máximo diámetro de bloque y de la probeta no excederán de:” (Inacal, 2008, p.7)

Tabla N° 44: Máximo Diámetro de Probeta

Diámetro de Probeta de Ensayo (mm)	Máximo Diámetro (mm)
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

Fuente: Tabla obtenida de “NTP 339.034”, (p. 7), por Inacal, 2008.

La figura 8 muestra las probetas y cono de abrams usado para la preparación de la mezcla en obra.



Figura N° 8: Probetas Metálicas y Cono de Abrams

Fuente: Elaboración propia

Los moldes para vigas fueron hechos de tablas de madera con 2cm de espesor, con dimensiones 6'' x 6'' x 20'' (15cm x 15cm x 51cm). Esta elección se tomó debido a la escasez en el mercado debido al Covid-19. Estas dimensiones cumplen con la normativa peruana.



Figura N° 9: Molde de Vigas 6'' x 6'' x 20''

Fuente: Elaboración propia

La figura 10 muestra el proceso de fabricación de los 3 moldes de vigas. A lado izquierdo se puede ver las tablas de madera de 2cm de espesor siendo cortado según diseño adjunto en anexo 8, el diseño fue hecho a mano alzada indicando las medidas necesarias para que cada una de las piezas cortadas encajen de forma exacta y no exista pérdida de hormigón por alguna de sus aristas. A lado derecho se muestra los 3 moldes ya terminados. Estos moldes se mantuvieron ajustados con los pernos por aproximadamente dos semanas antes de inicio del vaciado, esto para que las tablas se acostumbren a esa posición y no se quiebren posteriormente.



Figura N° 10: Moldes para Vigas

Nota. Elaboración propia

Se usó una mezcladora de 9p<sup>3</sup> de capacidad, en la figura 11 se muestra cómo se limpió antes de iniciar con la mezcla. En la figura 12 se puede ver la balanza usada para pesar los agregados y la carretilla.



Figura N° 11: Mezcladora de 9p<sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 12: Equipos utilizados

Fuente: Carretilla y balanza electrónica usada. Elaboración propia

En la figura 13 se muestra los agregados, cemento, probetas y vigas siendo llevados al lugar de preparación de la mezcla ubicado en Punta Negra Mz. P lote 12, urbanización Costa Azul, Distrito de Punta Negra – Lima Metropolitana. En el lado izquierdo de la figura 13 se puede ver el vehículo con los agregados adquiridos en Promart de Lurín, a lado derecho de la figura se puede apreciar la apertura de las bolsas de agregados y cemento para proceder a pesar cada una de acuerdo a las cartillas que se muestran posteriormente para preparar la mezcla.



Figura N° 13 Agregados y Cemento para la Mezcla

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 14 se puede apreciar cómo se pesó los materiales para la mezcla usando balde de plástico de 18 litros. Se usó un balde de plástico por cada agregado, cemento, agua y arcilla cocida. A la izquierda de la imagen se muestra cómo se pesó el cemento y a lado derecha de la imagen se muestra el agua siendo pesada.



Figura N° 14: Pesaje de Agregados

Fuente: Elaboración propia

#### b. Preparación de la mezcla

Para realizar las mezclas del diseño patrón y mezclas con adiciones de arcilla se usaron cartillas de control que sirvió para pesar los materiales previo a iniciarse el proceso de mezclado y de esa forma evitar errores. A continuación, se presenta las cartillas de control de las mezclas que se usaron para la dosificación en obra. Se realizaron dos mezclas por día, la primera mezcla fue para las 6 probetas y la segunda mezclada para las 3 vigas.

Día martes 08/09/2020: se realizaron dos mezclas en el mismo día, la figura 15 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la primera mezcla patrón obteniendo 6 unidades de probetas para ser ensayadas a los 28 días.

<b>CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO</b>										
Tesistas			-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo							
Fecha	08/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado		3:00		pm			
a/c Efectiva	0.580		Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	Convencional									
Dosificación de agregados			Dosificación de material cementante							
Vol. aire	2.50	%	Agua diseño		233.00	ℓ				
Vol. abs. fino	0.3146	m <sup>3</sup>	Cemento		417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	Peso Especifico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	414.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	836.81	0.3146	840.99	42.05	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	242.00	12.10	ℓ
Aire	-					-	0.0250			
						<b>Total</b>	2271.63	1.0000		

Figura 15: Cartilla de Control de Mezcla Patrón en Obra

Fuente: Elaboración propia



Esta figura muestra la primera probeta patrón P.C.P. de las 6 unidades que se obtuvo el martes 08/09/2020 en obra.

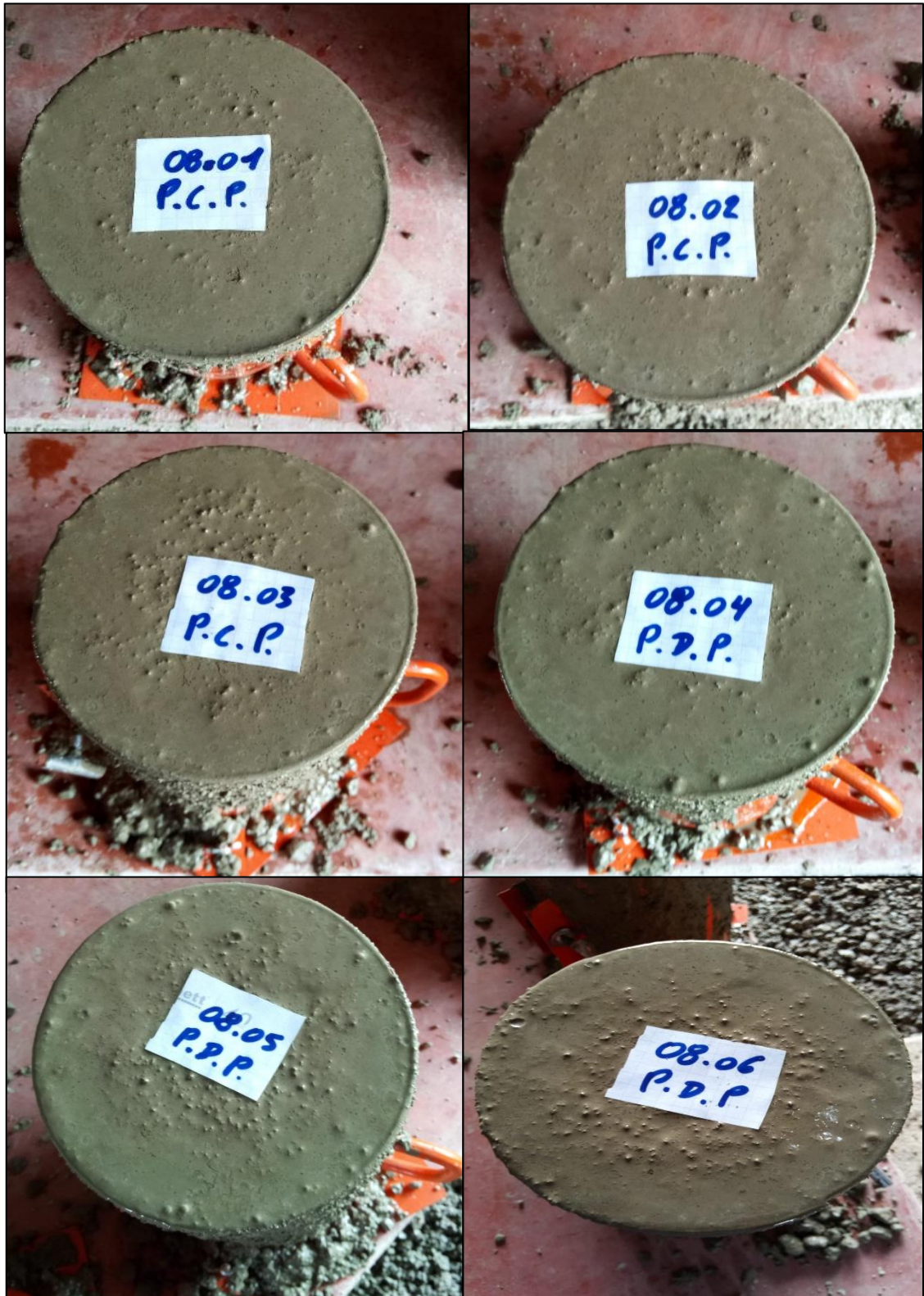


Figura N° 16: Primeras Probetas Patrón  
Fuente: Elaboración propia

Esta figura muestra las 6 primeras probeta patrón P.C.P. que se obtuvo el martes 08/09/2020 en obra con la primera mezcla



Figura N° 17: Probetas Obtenidas de la Primera Mezcla Patrón

Fuente: Elaboración propia

Martes 08/09/2020: La figura 18 muestra la segunda cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la segunda mezcla patrón hecha a las 4:00pm, obteniendo 3 unidades de vigas para ser ensayadas a los 28 días.

<b>CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO</b>										
Tesisistas			-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo							
Fecha	08/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado				4:00		pm	
a/c Efectiva	0.580		Volumen prueba				0.050		m <sup>3</sup>	
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	Convencional									
Dosificación de agregados			Dosificación de material cementante							
Vol. aire	2.50	%	Agua diseño		233.00	ℓ				
Vol. abs. fino	0.3146	m <sup>3</sup>	Cemento		417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	Peso Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	414.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	836.81	0.3146	840.99	42.05	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	242.00	12.10	ℓ
Aire	-					-	0.0250			
<b>Total</b>						2271.63	1.0000			

Figura N° 18: Cartilla de Control de Mezcla Patrón en Obra

Fuente: Elaboración propia

Esta figura muestra la primera viga patrón P.F.V. de las 6 unidades que se obtuvo el martes 08/09/2020 en obra.



Figura N° 19: Viga Obtenida de la Segunda Mezcla Patrón

Fuente: Elaboración propia.

Esta figura muestra las 3 vigas patrón que se obtuvo el martes 08/09/2020 con la segunda mezcla del día hecho en obra



Figura N° 20: Vigas Obtenidas de la Segunda Mezcla Patrón

Fuente: Elaboración propia

Día miércoles 09/09/2020: se realizaron dos mezclas en el mismo día, la figura 21 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la primera mezcla con adición de arcilla en 15% en reemplazo del agregado fino, obteniendo 6 unidades de probetas para ser ensayadas a los 28 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO											
Tesisistas			-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	09/09/2020										
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado			2:30		pm			
a/c Efectiva	0.594		Volumen prueba			0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10										
Tipo de hormigón	Reemplazo +15% de arcilla cocida										
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante							
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño		233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2674	m <sup>3</sup>		Cemento		417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594										
Arcilla cocida	15	%									
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA											
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba		
									Peso Mezcla	Unidad	
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg	
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	711.29	0.2674	714.84	35.74	kg	
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg	
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	104.29	0.0472	104.29	5.21	kg	
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	247.79	12.10	ℓ	
Aire	-					0.00	0.0250				
						Total	2250.39	1.0000			

Figura N° 21: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 15%

Fuente: Elaboración propia

Esta figura muestra las primeras probetas de 6 unidades obtenida el miércoles 09/09/2020 usando 15% de arcilla cocida como reemplazo del agregado fino.



Figura N° 22: Primeras Probetas con Adición de Arcilla en 15%

Fuente: Elaboración propia

Esta figura muestra las primeras 6 probetas obtenidas de la primera mezcla realizado el miércoles 09/09/2020 usando 15% de arcilla cocida como reemplazo del agregado fino



Figura N° 23: Probetas con Adición de Arcilla en 15%

Fuente: Elaboración propia

Miércoles 09/09/2020: La figura 24 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la segunda mezcla con adición de arcilla cocida 15% en reemplazo del agregado fino, hecha a las 3:30pm, obteniendo 3 unidades de vigas para ser ensayadas a los 28 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesis		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	09/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado		3:30		pm			
a/c Efectiva	0.594		Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	Reemplazo +15% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño	233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2674	m <sup>3</sup>		Cemento	417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	15	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	711.29	0.2674	714.84	35.74	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	104.29	0.0472	104.29	5.21	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	247.79	12.10	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2250.39	1.0000		

Figura N° 24: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 15%

Fuente: Elaboración propia.



Esta figura muestra las primeras 3 vigas obtenidas de la primera mezcla realizado el miércoles 09/09/2020 usando 15% de arcilla cocida como reemplazo del agregado fino para ser ensayadas a flexión a los 28 días



Figura N° 25: Vigas con Adición de Arcilla en 15%

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 26: Viga con Adición de Arcilla Cocida en 15%

Nota. Elaboración propia.

Día jueves 10/09/2020: se realizaron dos mezclas en el mismo día, la figura 27 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la primera mezcla con adición de arcilla 20% en reemplazo del agregado fino, obteniendo 6 unidades de probetas para ser ensayadas a los 28 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesisistas		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	10/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI				Hora de vaciado		3:00 pm			
a/c Efectiva	0.598				Volumen prueba		0.050 m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	Reemplazo +20% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño	233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2517	m <sup>3</sup>		Cemento	417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	20	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	669.45	0.2517	672.79	33.64	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	139.05	0.0629	139.05	6.95	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	249.72	12.49	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2243.31	1.0000		

Figura N° 27: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 20%

Fuente: Elaboración propia

Esta figura muestra las 6 probetas obtenidas de la mezcla realizada el jueves 10/09/2020 usando 20% de arcilla cocida como reemplazo del agregado fino.



Figura N° 28: Probetas Obtenidas en Obra con Adición de Arcilla en 20%

Fuente: Elaboración propia

Esta figura muestra las 6 probetas obtenidas de la primera mezcla del día realizada el jueves 10/09/2020 usando 20% de arcilla cocida como reemplazo del agregado fino.



Figura N° 29: Probetas obtenidas en Obra con Adición de Arcilla en 20%

Fuente: Elaboración propia.

Jueves 10/09/2020: La figura 30 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la segunda mezcla con adición de arcilla cocida 20% en reemplazo del agregado fino, hecha a las 4:00pm, obteniendo 3 unidades de vigas para ser ensayadas a los 28 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesis		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	10/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado		4:00		pm			
a/c Efectiva	0.598		Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	Reemplazo +20% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño	233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2517	m <sup>3</sup>		Cemento	417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	20	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	669.45	0.2517	672.79	33.64	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	139.05	0.0629	139.05	6.95	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	249.72	12.49	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2243.31	1.0000		

Figura N° 30: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 20%

Fuente: Elaboración propia

Esta figura muestra las 3 vigas obtenidas de la segunda mezcla del día realizada el jueves 10/09/2020 usando 20% de arcilla cocida como reemplazo del agregado fino.



Figura N° 31: Vigas con Adición de Arcilla en 20%

Fuente: Elaboración propia

Día viernes 11/09/2020: se realizaron dos mezclas en el mismo día, la figura 32 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la primera mezcla con adición de arcilla 25% en reemplazo del agregado fino, obteniendo 6 unidades de probetas para ser ensayadas a los 28 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesisistas			-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo							
Fecha	11/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado		4:00		pm			
a/c Efectiva	0.603		Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	+25% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%	Agua diseño		233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2359	m <sup>3</sup>	Cemento		417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	25	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	627.61	0.2359	630.74	31.54	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	173.81	0.0786	173.81	8.69	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	251.66	12.58	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2236.24	1.0000		

Figura N° 32: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 25%

Fuente: Elaboración propia

Esta figura muestra las seis probetas que se obtuvieron de la primera mezcla en obra del día 11/09/2020 para rotura de 28 días



Figura N° 33: Primeras Probetas Obtenidas con Adición de Arcilla en 25%

Fuente: Elaboración propia



Esta figura muestra las 6 probetas que se obtuvo de la primera mezcla en obra del día 11/09/2020 para rotura de 28 días.



Figura N° 34: Probetas obtenidas de la Mezcla con Adición de Arcilla en 25%

Fuente: Elaboración propia

Viernes 11/09/2020: La figura 35 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la segunda mezcla con adición de arcilla cocida 25% en reemplazo del agregado fino, hecha a las 5:00pm, obteniendo 3 unidades de vigas para ser ensayadas a los 28 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesisistas			-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo							
Fecha	11/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado		5:00		pm			
a/c Efectiva	0.603		Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	Reemplazo +25% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%	Agua diseño		233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2359	m <sup>3</sup>	Cemento		417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	25	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	627.61	0.2359	630.74	31.54	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	173.81	0.0786	173.81	8.69	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	251.66	12.58	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						<b>Total</b>	2236.24	1.0000		

Figura N° 35: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 25%

Fuente: Elaboración propia

Esta figura muestra las 3 vigas obtenidas de la segunda mezcla de vigas realizada en el mismo día 11/09/2020 para rotura de 28 días.



Figura N° 36: Vigas con Adición de Arcilla en 25%

Fuente: Elaboración propia

Día lunes 14/09/2020: se realizaron dos mezclas en el mismo día, la figura 37 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la mezcla patrón obteniendo 6 unidades de probetas para ser ensayadas a los 14 días.

<b>CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO</b>											
Tesisistas			-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	14/09/2020										
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado				3:00		pm		
a/c Efectiva	0.580		Volumen prueba				0.050		m <sup>3</sup>		
Asentamiento	7-10										
Tipo de hormigón	Convencional										
Dosificación de agregados			Dosificación de material cementante								
Vol. aire	2.50	%	Agua diseño		233.00	ℓ					
Vol. abs. fino	0.3146	m <sup>3</sup>	Cemento		417.26	kg					
b/b <sub>0</sub>	0.594										
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA</b>											
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba		
									Peso Mezcla	Unidad	
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	414.26	20.86	kg	
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	836.81	0.3146	840.99	42.05	kg	
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg	
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	242.00	12.10	ℓ	
Aire	-					-	0.0250				
						<b>Total</b>	2271.63	1.0000			

Figura N° 37: Cartilla de Control de Mezcla Patrón en Obra

Fuente: Elaboración propia

Lunes 14/09/2020: La figura 38 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la segunda mezcla patrón hecha a las 4:00pm, obteniendo 3 unidades de vigas para ser ensayadas a los 14 días.

<b>CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO</b>											
Tesisistas		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo									
Fecha	14/09/2020										
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado		4:00		pm				
a/c Efectiva	0.580		Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>				
Asentamiento	7-10										
Tipo de hormigón	Convencional										
<b>Dosificación de agregados</b>				<b>Dosificación de material cementante</b>							
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño	233.00	ℓ					
Vol. abs. fino	0.3146	m <sup>3</sup>		Cemento	417.26	kg					
b/b <sub>0</sub>	0.594										
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA</b>											
Material	Procedencia	Peso Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba		
									Peso Mezcla	Unidad	
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	414.26	20.86	kg	
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	836.81	0.3146	840.99	42.05	kg	
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg	
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	242.00	12.10	ℓ	
Aire	-					-	0.0250				
						<b>Total</b>	2271.63	1.0000			

Figura N° 38: Cartilla de Control de Mezcla Patrón en Obra

Fuente: Elaboración propia

Día martes 15/09/2020: se realizaron dos mezclas en el mismo día, la figura 39 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la mezcla con adición de arcilla en 15% en reemplazo del agregado fino, obteniendo 6 unidades de probetas para ser ensayadas a los 14 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesisistas		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	15/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI				Hora de vaciado		3:00 pm			
a/c Efectiva	0.594				Volumen prueba		0.050 m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	Reemplazo +15% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño	233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2674	m <sup>3</sup>		Cemento	417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	15	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	711.29	0.2674	714.84	35.74	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	104.29	0.0472	104.29	5.21	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	247.79	12.10	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2250.39	1.0000		

Figura N° 39: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 15%

Fuente: Elaboración propia

Martes 15/09/2020: La figura 40 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la segunda mezcla con adición de arcilla cocida 15% en reemplazo del agregado fino, hecha a las 4:30pm, obteniendo 3 unidades de vigas para ser ensayadas a los 14 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesistas		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	15/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI	Hora de vaciado		4:30 pm						
a/c Efectiva	0.594	Volumen prueba		0.050 m <sup>3</sup>						
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	Reemplazo +15% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño	233.00		ℓ			
Vol. absoluto fino	0.2674	m <sup>3</sup>		Cemento	417.26		kg			
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	15	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Especifico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	711.29	0.2674	714.84	35.74	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	104.29	0.0472	104.29	5.21	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	247.79	12.10	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2250.39	1.0000		

Figura N° 40: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 15%

Fuente: Elaboración propia

Día miércoles 16/09/2020: se realizaron dos mezclas en el mismo día, la figura 41 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la mezcla con adición de arcilla 20% en reemplazo del agregado fino, obteniendo 6 unidades de probetas para ser ensayadas a los 14 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesis		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	16/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado		3:00		pm			
a/c Efectiva	0.598		Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	Reemplazo +20% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño	233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2517	m <sup>3</sup>		Cemento	417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	20	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	669.45	0.2517	672.79	33.64	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	139.05	0.0629	139.05	6.95	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	249.72	12.49	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2243.31	1.0000		

Figura N° 41: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 20%

Fuente: Elaboración propia



Miércoles 16/09/2020: La figura 42 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la segunda mezcla con adición de arcilla cocida 20% en reemplazo del agregado fino, hecha a las 4:00pm, obteniendo 3 unidades de vigas para ser ensayadas a los 14 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesis		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	16/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado		4:00		pm			
a/c Efectiva	0.598		Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	Reemplazo +20% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño	233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2517	m <sup>3</sup>		Cemento	417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	20	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	669.45	0.2517	672.79	33.64	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	139.05	0.0629	139.05	6.95	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	249.72	12.49	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2243.31	1.0000		

Figura N° 42: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 20%

Fuente: Elaboración propia

Día jueves 17/09/2020: se realizaron dos mezclas en el mismo día, la figura 43 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la primera mezcla con adición de arcilla 25% en reemplazo del agregado fino, obteniendo 6 unidades de probetas para ser ensayadas a los 14 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesisistas		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	17/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI				Hora de vaciado		3:00 pm			
a/c Efectiva	0.603				Volumen prueba		0.050 m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	+25% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño	233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2359	m <sup>3</sup>		Cemento	417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	25	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	627.61	0.2359	630.74	31.54	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	173.81	0.0786	173.81	8.69	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	251.66	12.58	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2236.24	1.0000		

Figura N° 43: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 25%

Fuente: Elaboración propia

Jueves 17/09/2020: La figura 44 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la segunda mezcla con adición de arcilla cocida 25% en reemplazo del agregado fino, hecha a las 4:00pm, obteniendo 3 unidades de vigas para ser ensayadas a los 14 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesisistas			-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo							
Fecha	17/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado		4:00		pm			
a/c Efectiva	0.603		Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	25% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño	233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2359	m <sup>3</sup>		Cemento	417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	25	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	627.61	0.2359	630.74	31.54	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	173.81	0.0786	173.81	8.69	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	251.66	12.58	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2236.24	1.0000		

Figura N° 44: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 25%

Fuente: Elaboración propia

Día lunes 21/09/2020: se realizaron dos mezclas en el mismo día, la figura 45 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la primera mezcla del día obteniendo 6 unidades de probetas para ser ensayadas a los 7 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesisistas		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	21/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI	Hora de vaciado		3:00		pm				
a/c Efectiva	0.580	Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>				
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	Convencional									
Dosificación de agregados			Dosificación de material cementante							
Vol. aire	2.50	%	Agua diseño		233.00		ℓ			
Vol. abs. fino	0.3146	m <sup>3</sup>	Cemento		417.26		kg			
b/b <sub>0</sub>	0.594									
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	414.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	836.81	0.3146	840.99	42.05	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	242.00	12.10	ℓ
Aire	-					-	0.0250			
						<b>Total</b>	2271.63	1.0000		

Figura N° 45: Cartilla de Control de Mezcla Patrón en Obra

Fuente: Elaboración propia

Lunes 21/09/2020: La figura 46 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la segunda mezcla patrón hecha a las 4:00pm, obteniendo 3 unidades de vigas para ser ensayadas a los 7 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesisistas		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	21/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI	Hora de vaciado		4:00		pm				
a/c Efectiva	0.580	Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>				
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	Convencional									
Dosificación de agregados			Dosificación de material cementante							
Vol. aire	2.50	%	Agua diseño		233.00		ℓ			
Vol. abs. fino	0.3146	m <sup>3</sup>	Cemento		417.26		kg			
b/b <sub>0</sub>	0.594									
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	414.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	836.81	0.3146	840.99	42.05	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	242.00	12.10	ℓ
Aire	-					-	0.0250			
						Total	2271.63	1.0000		

Figura N° 46: Cartilla de Control de Mezcla Patrón en Obra

Fuente: Elaboración propia.

Día martes 22/09/2020: se realizaron dos mezclas en el mismo día, la figura 47 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la primera mezcla con adición de arcilla en 15% en reemplazo del agregado fino, obteniendo 6 unidades de probetas para ser ensayadas a los 7 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesisistas		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	22/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado		3:30		pm			
a/c Efectiva	0.594		Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	Reemplazo +15% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados					Dosificación de material cementante					
Vol. aire	2.50	%	Agua diseño		233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2674	m <sup>3</sup>	Cemento		417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	15	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	711.29	0.2674	714.84	35.74	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	104.29	0.0472	104.29	5.21	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	247.79	12.10	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2250.39	1.0000		

Figura N° 47: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 15%

Fuente: Elaboración propia

Martes 22/09/2020: La figura 48 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la segunda mezcla con adición de arcilla cocida 15% en reemplazo del agregado fino, hecha a las 4:30pm, obteniendo 3 unidades de vigas para ser ensayadas a los 7 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO											
Tesisistas			-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	22/09/2020										
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado			4:30		pm			
a/c Efectiva	0.594		Volumen prueba			0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10										
Tipo de hormigón	Reemplazo +15% de arcilla cocida										
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante							
Vol. aire	2.50	%	Agua diseño		233.00	ℓ					
Vol. absoluto fino	0.2674	m <sup>3</sup>	Cemento		417.26	kg					
b/b <sub>0</sub>	0.594										
Arcilla cocida	15	%									
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA											
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba		
									Peso Mezcla	Unidad	
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg	
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	711.29	0.2674	714.84	35.74	kg	
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg	
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	104.29	0.0472	104.29	5.21	kg	
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	247.79	12.10	ℓ	
Aire	-					0.00	0.0250				
						Total	2250.39	1.0000			

Figura N° 48: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 15%

Fuente: Elaboración propia

Día miércoles 23/09/2020: se realizaron dos mezclas en el mismo día, la figura 49 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la primera mezcla con adición de arcilla 20% en reemplazo del agregado fino, obteniendo 6 unidades de probetas para ser ensayadas a los 7 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesisistas		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	23/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado		1:00		pm			
a/c Efectiva	0.598		Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	20% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño	233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2517	m <sup>3</sup>		Cemento	417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	20	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	P. Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	669.45	0.2517	672.79	33.64	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	139.05	0.0629	139.05	6.95	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	249.72	12.49	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2243.31	1.0000		

Figura N° 49: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 20%

Fuente: Elaboración propia



Miércoles 23/09/2020: La figura 50 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la segunda mezcla con adición de arcilla cocida 20% en reemplazo del agregado fino, hecha a las 2:00pm, obteniendo 3 unidades de vigas para ser ensayadas a los 7 días.

<b>CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO</b>											
Tesisistas			-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	23/09/2020										
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado			2:00		pm			
a/c Efectiva	0.598		Volumen prueba			0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10										
Tipo de hormigón	+20% de arcilla cocida										
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante							
Vol. aire	2.50	%	Agua diseño		233.00	ℓ					
Vol. absoluto fino	0.2517	m <sup>3</sup>	Cemento		417.26	kg					
b/b <sub>0</sub>	0.594										
Arcilla cocida	20	%									
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA</b>											
Material	Procedencia	Peso Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba		
									Peso Mezcla	Unidad	
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg	
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	669.45	0.2517	672.79	33.64	kg	
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg	
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	139.05	0.0629	139.05	6.95	kg	
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	249.72	12.49	ℓ	
Aire	-					0.00	0.0250				
						Total	2243.31	1.0000			

Figura N° 50: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 20%

Fuente: Elaboración propia.

Día viernes 25/09/2020: se realizaron dos mezclas en el mismo día, la figura 51 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la primera mezcla con adición de arcilla 25% en reemplazo del agregado fino, obteniendo 6 unidades de probetas para ser ensayadas a los 7 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesisistas		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	25/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI			Hora de vaciado		11:00		am		
a/c Efectiva	0.603			Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>		
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	+25% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño	233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2359	m <sup>3</sup>		Cemento	417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	25	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	Peso Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	627.61	0.2359	630.74	31.54	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	173.81	0.0786	173.81	8.69	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	251.66	12.58	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2236.24	1.0000		

Figura N° 51: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 25%

Fuente: Elaboración propia

Viernes 25/09/2020: La figura 52 muestra la cartilla de control con las dosificaciones de materiales que se usó para la segunda mezcla con adición de arcilla cocida 25% en reemplazo del agregado fino, hecha a las 1:00pm, obteniendo 3 unidades de vigas para ser ensayadas a los 7 días.

CONTROL DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO										
Tesisistas		-Hurtado Iglesias, Christian Omar -Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo								
Fecha	25/09/2020									
Diseño Mezcla	ACI		Hora de vaciado		1:00		pm			
a/c Efectiva	0.603		Volumen prueba		0.050		m <sup>3</sup>			
Asentamiento	7-10									
Tipo de hormigón	+25% de arcilla cocida									
Dosificación de agregados				Dosificación de material cementante						
Vol. aire	2.50	%		Agua diseño	233.00	ℓ				
Vol. absoluto fino	0.2359	m <sup>3</sup>		Cemento	417.26	kg				
b/b <sub>0</sub>	0.594									
Arcilla cocida	25	%								
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Material	Procedencia	Peso Específico kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado	Humedad %	ABS %	Peso Seco kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Corrección por Humedad	Tanda de Prueba	
									Peso Mezcla	Unidad
Cemento Tipo I	Sol	3150				417.26	0.1325	417.26	20.86	kg
Arena	Unicón	2660	1837	0.50	1.20	627.61	0.2359	630.74	31.54	kg
Piedra	Unicón	2660	1651	0.40	0.80	784.56	0.2949	787.69	39.38	kg
Arcilla cocida	Pirámide	2210	1465	0.00	6.40	173.81	0.0786	173.81	8.69	kg
Agua	Sedapal	1000				233.00	0.2330	251.66	12.58	ℓ
Aire	-					0.00	0.0250			
						Total	2236.24	1.0000		

Figura N° 52: Cartilla de Control de Mezcla con Adición de Arcilla en 25%

Fuente: Elaboración propia

En la figura 53 y 54 se muestra el desencofrado de las probetas cilíndricas previo a ser puestas a la piscina para su correcto curado.



Figura N° 53: Desencofrado de Probetas

Fuente: Elaboración propia.

Esta figura muestra cómo se desencofró cada una de las vigas de su molde de madera previo a ser puestas en la piscina para su correcto curado.



Figura N° 54: Desencofrado de Vigas

Fuente: Elaboración propia

En la figura 55 se muestra en curado de las probetas y vigas obtenidas de las mezclas realizadas.



Figura N° 55: Curado en Piscina para Probetas y Vigas de Arcilla en 25%

Fuente: Elaboración propia

## 4.4 Ensayos en concreto fresco

### 4.4.1 Asentamiento (slump)

Para medir el asentamiento se usó el cono de Abrams metálico siguiendo la normativa NTP 339.035.

El método de determinación empleado es el ensayo del cono de Abrams o slump (ASTM C143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. Por consiguiente, se puede definir el asentamiento, como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico y estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría. Es una prueba sencilla que se usa tanto en el campo como en el laboratorio. (Tufino, 2019, pp. 85 - 86)

- Concretos consistentes o secos, con asentamiento de 0" a 2" (0 a 5 cm).
- Concretos plásticos, con asentamiento de 3" a 4" (7,5 a 10 cm).
- Concretos fluidos, con asentamientos con más de 5" (12,5 cm)

La norma técnica peruana NTP 339.035 menciona que: El molde (cono de Abrams), su forma es la de un tronco de cono abierto en sus extremos. Las dos bases son paralelas entre sí: de 20 cm de diámetro en la base inferior y 10 cm de diámetro en la base superior formando ángulo recto con el eje de cono. La altura de cono es de 30 cm y será provisto de agarraderas de aleta de pie. (Inacal, 2017, p. 2)

“La barra compactadora: una barra lisa de 16mm (5/8 de pulgadas) de diámetro, de aproximadamente 60 cm de longitud y terminado en una punta semiesférica” (Inacal, 2017, p.2).

El procedimiento indica: Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie plana no absorbente. Se mantiene inmóvil pisando firmemente las aletas. Seguidamente se llena vaciando el hormigón en tres capas, de modo que cada capa ocupe la tercera parte del volumen del molde. Cada capa se compacta dando 25 golpes con la barra compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección. El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Luego se procede a enrasar utilizando una plancha

de albañilería o la barra compactadora. Una vez terminada la operación, se levanta el molde cuidadosamente en dirección vertical. Inmediatamente después se mide el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono deformado. La operación completa desde el principio de llenado hasta la remoción del molde se hará sin interrupción, en un tiempo no mayor de 2.5 min. (Inacal, 2017, pp. 2-3)

Siguiendo el procedimiento de la normativa peruana, se vació parte del hormigón en el cono de Abrams en 3 capas y se compactó de igual forma con 25 inserciones por capa usando la varilla, e inmediatamente se levanta el cono y se voltea poniéndolo en la misma dirección que el hormigón para proceder a tomar lectura del asentamiento como se muestra en la figura 56. En el lado izquierdo de la figura 56 se muestra en cono de abrams usado según normativa NTP 339.035 y a lado derecho se observa la compactación del hormigón por capa usando la varilla.

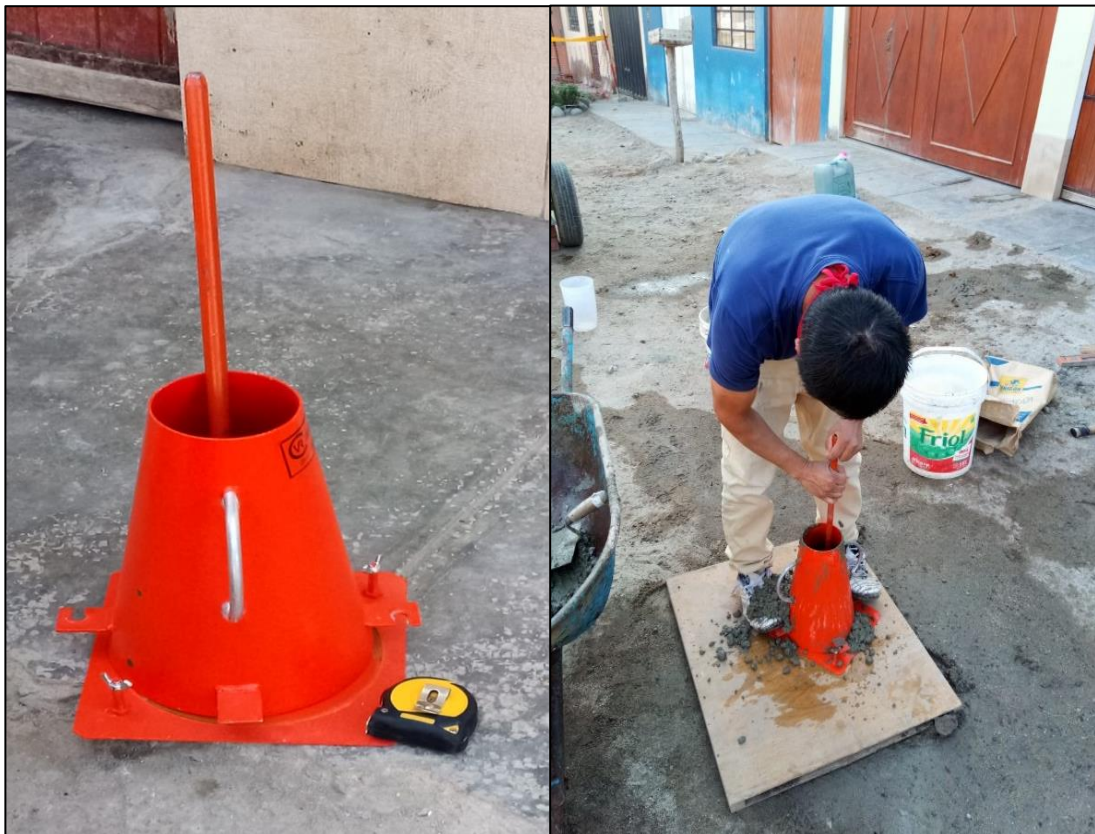


Figura N° 56: Cono de Abrams

Fuente: Elaboración propia



En las siguientes figuras se muestra cómo se midió el asentamiento, estas medidas corresponden a cada uno de los tipos de mezclas realizadas en obra: mezcla del diseño patrón, mezcla con adición de arcilla cocida en 15%, 20% y 25% respectivamente.

En la figura 57, se muestra cómo se midió el asentamiento (slump) del hormigón estructural obtenido de la mezcla patrón. El valor del asentamiento fue de 11.6 cm, aún dentro del rango plástico.



Figura N° 57: Asentamiento de la Mezcla Patrón

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 58 se muestra la medida del asentamiento de la mezcla con adición del 15% de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino. La medición fue realizada antes de vaciar la mezcla a las probetas y vigas dando como valor 10.8 cm de asentamiento. A comparación del hormigón patrón, esta mezcla obtuvo un menor asentamiento.



Figura N° 58: Asentamiento del Diseño con 15% de Arcilla Cocida

Fuente: Elaboración propia

En la figura 59 se muestra la medida del asentamiento de la mezcla con adición del 20% de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino, la medición fue realizada antes de vaciar la mezcla a las probetas y vigas para llevar un control con referente a cada uno de los diseños realizados. En la foto se aprecia que el asentamiento agregando el 20% de arcilla cocida dio un asentamiento de 9.50 cm. Este valor resulta ser menor que el asentamiento de la mezcla con 15% de arcilla cocida.



Figura N° 59: Asentamiento del Diseño con 20% de Arcilla Cocida

Fuente: Elaboración propia

En la figura 60, se muestra la medida del asentamiento de la mezcla con adición del 25% de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino, la medición fue realizada antes de vaciar la mezcla a las probetas y vigas para llevar un control con referente a cada uno de los diseños realizados. En la foto se aprecia que agregando el 25% de arcilla cocida se obtiene 8 cm de asentamiento. Este valor resulta ser menor que el asentamiento de la mezcla con 20% de arcilla cocida.



Figura N° 60: Asentamiento del Diseño con 25% de Arcilla Cocida

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 45 se puede apreciar la medida del asentamiento en centímetros de cada una de los diseños de mezcla en obra: asentamiento del hormigón patrón (DP), asentamiento de la mezcla con adición 15% de arcilla cocida, asentamiento de la mezcla con 20% de arcilla cocida y con adición del 25% de arcilla cocida en la mezcla.

Tabla N° 45: Asentamientos de las Mezclas Obtenidas

<b>ASENTAMIENTO</b>					
Tesistas	Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo				
Diseños	Varios	Norma	339.045		
Relación a/c	0.558	Fecha	Varios		
<b>Dosificaciones de Diseños Mezcla</b>					
Descripción	Especímenes				Unidad
	DP	15%	20%	25%	
Slump	11.6	10.80	9.50	8.00	cm

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos en la tabla 45 del asentamiento, se usó para graficar el asentamiento vs tipo de mezcla realizada en obra (4 diseños de mezcla) usando el programa Excel.

En la figura 61, se muestra el gráfico de asentamiento (slump) vs diseños de mezcla de acuerdo al siguiente detalle:

1. Diseño Patrón.
2. Diseño + 15% de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino.
3. Diseño + 20% de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino.
4. Diseño + 25% de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino.

En esta figura se puede apreciar la caída del asentamiento a medida que se adiciona mayor porcentaje de arcilla cocida.

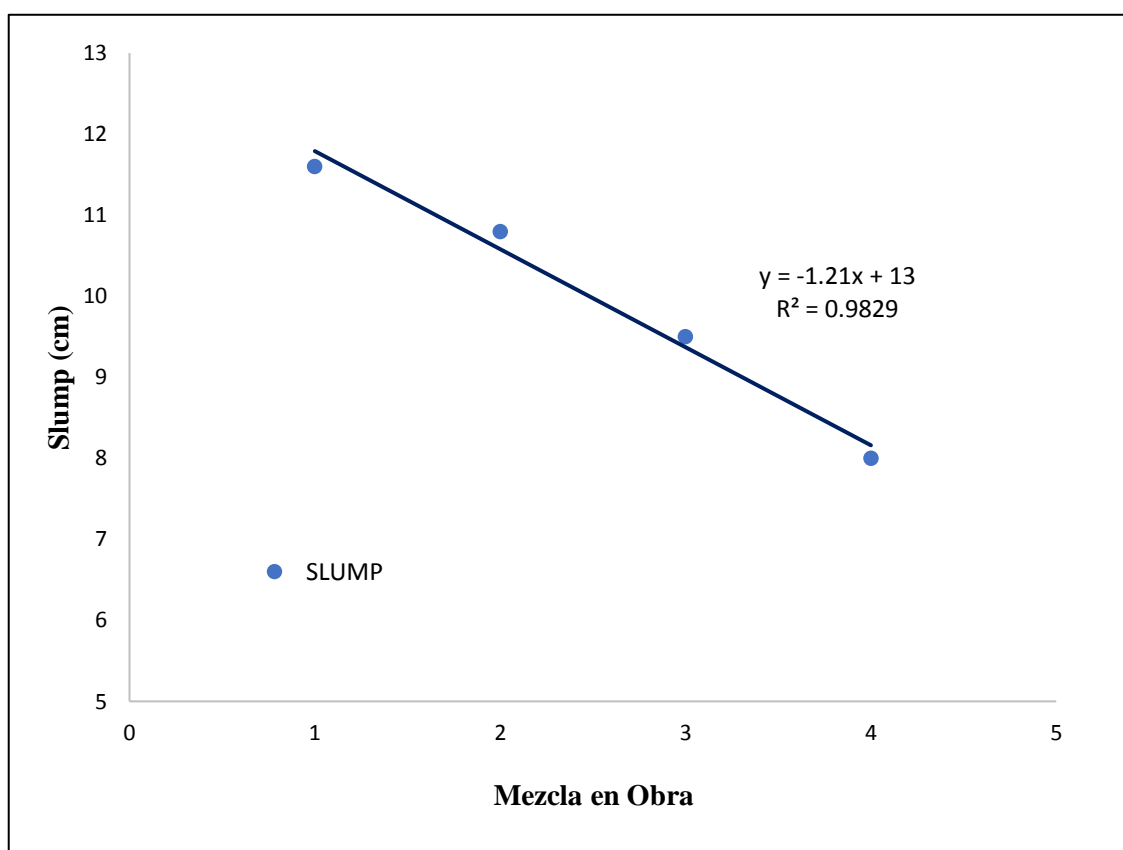


Figura N° 61: Gráfico de Asentamientos (slump) vs Mezcla en obra

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 Ensayos en concreto endurecido

De acuerdo a nuestro cronograma de mezclas que inició el 8 de setiembre del 2020, cada día se realizaba dos mezclas para facilitar el manejo de la máquina y mezclado. Con la primera mezcla se producía  $0.05\text{m}^3$  de hormigón del cual se obtenía 6 probetas (3 probetas para ser ensayadas a compresión y 3 probetas para tracción), con la segunda mezcla se obtenía en mismo volumen de concreto  $0.05\text{m}^3$  que sirvió para el vaciado de 3 vigas que serían ensayadas a flexión. Es por ello que en la figura 62, se puede apreciar 6 probetas y 3 vigas, todas ellas con un mismo número que indica el día que fueron vaciadas.

A lado izquierdo de la figura 62 se puede observar 6 probetas cilíndricas y 3 vigas hormigón patrón, todas con el número 8 que significa fueron vaciadas el 8 de setiembre 2020 para rotura a 28 días (3 probetas para ensayo a compresión axial, 3 para tracción y las 3 vigas para flexión). A lado derecho de la figura se aprecia el hormigón con adición del 15% de arcilla cocida teniendo la misma cantidad de muestras que el lado izquierdo con el número 9, esto indica que fue ensayado el 9 de setiembre 2020 para rotura a 28 días al igual que las del número 8.



Figura N° 62: Hormigón Endurecido para Rotura a 28 Días

Fuente: Elaboración propia

En la figura 63 se puede observar muestras vaciadas el día 10 y 11 de setiembre 2020 para ser ensayadas a los 28 días.

A lado izquierdo de la figura 63 se puede observar 6 probetas cilíndricas y 3 vigas de hormigón con adición de 20% de arcilla cocida, todas con el número 10 que significa fueron vaciadas el 10 de setiembre 2020 para rotura a 28 días (3 probetas para ensayo a compresión axial, 3 para tracción y las 3 vigas para flexión). A lado derecho de la figura se aprecia el hormigón con adición del 25% de arcilla cocida teniendo la misma cantidad de muestras que el lado izquierdo con el número 11, esto indica que fue ensayado el 11 de setiembre 2020 para rotura a 28 días al igual que las del número 10



Figura N° 63: Hormigón Endurecido para Roturas a 28 Días

Fuente: Elaboración propia



Esta figura muestra 6 probetas cilíndricas y 3 vigas recién sacadas de la piscina, estas muestras fueron elaboradas el 14 de setiembre del 2020 (hormigón patrón) sin ninguna adición de arcilla cocida para ser ensayadas a los 14 días (3 probetas a compresión axial, 3 probetas para tracción y 3 vigas a flexión).



Figura N° 64: Hormigón Endurecido para Rotura a 14 Días

Nota. Elaboración propia.

Esta figura 65 muestra 6 probetas cilíndricas y 3 vigas que fueron elaboradas el 15 de setiembre del 2020 con adición de arcilla cocida en 15% para ser ensayadas a los 14 días (3 probetas a compresión axial, 3 probetas para tracción y 3 vigas a flexión) recién sacadas de la piscina.



Figura Nº 65: Hormigón Endurecido para Rotura a 14 Días

Fuente: Elaboración propia

La figura 66 muestra 6 probetas cilíndricas y 3 vigas que fueron elaboradas el 16 de setiembre del 2020 con adición de arcilla cocida en 20% para ser ensayadas a los 14 días (3 probetas a compresión axial, 3 probetas para tracción y 3 vigas a flexión)



Figura Nº 66: Hormigón Endurecido para Rotura a 14 Días

Fuente: Elaboración propia

La figura 67 muestra 6 probetas cilíndricas y 3 vigas recién sacadas de la piscina, estas muestras fueron elaboradas el 17 de setiembre del 2020 con adición de arcilla cocida en 25% para ser ensayadas a los 14 días (3 probetas a compresión axial, 3 probetas para tracción y 3 vigas a flexión).



Figura N° 67: Hormigón Endurecido para Rotura a 14 Días

Fuente: Elaboración propia

Esta figura muestra 6 probetas cilíndricas y 3 vigas recién sacadas de la piscina, estas muestras fueron elaboradas el 21 de setiembre del 2020 sin adición de arcilla cocida para ser ensayadas a los 7 días (3 probetas a compresión axial, 3 probetas para tracción y 3 vigas a flexión).



Figura N° 68: Hormigón Endurecido para Rotura a 7 Días

Fuente: Elaboración propia

La figura 69 muestra 6 probetas cilíndricas y 3 vigas recién sacadas de la piscina, estas muestras fueron elaboradas el 22 de setiembre del 2020 con adición de arcilla cocida en 15% para ser ensayadas a los 7 días



Figura N° 69: Hormigón Endurecido para Rotura a 7 Días

Fuente: Elaboración propia

Esta figura muestra 6 probetas cilíndricas y 3 vigas, estas muestras fueron elaboradas el 23 de setiembre del 2020 con adición de arcilla cocida en 20% para ser ensayadas a los 7 días.



Figura N° 70: Hormigón Endurecido para Rotura a 7 Días

Fuente: Elaboración propia

La figura 71 muestra 6 probetas cilíndricas y 3 vigas recién sacadas de la piscina, estas muestras fueron elaboradas el 25 de setiembre del 2020 con adición de arcilla cocida en 25% para ser ensayadas a los 7 días (3 probetas para compresión axial, 3 probetas para tracción y 3 vigas a flexión).



Figura N° 71: Hormigón Endurecido para Rotura a 7 Días

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.1 Resistencia a la compresión axial

El laboratorio MTL Geotecnia SAC, ubicado en el distrito de San Martín de Porres fue el encargado de realizar las roturas, este ensayo se realizó siguiendo la normativa NTP 339.034.

En la figura 72 se muestra las probetas en el vehículo para ser llevadas al laboratorio y ser ensayadas a compresión axial.



Figura N° 72: Llevando Probetas al Laboratorio

Fuente: Elaboración propia

En esta figura se muestra a dos probetas cilíndricas de hormigón patrón elaboradas el día 14 de setiembre 2020 colocadas en el equipo listas para ser ensayadas a compresión axial

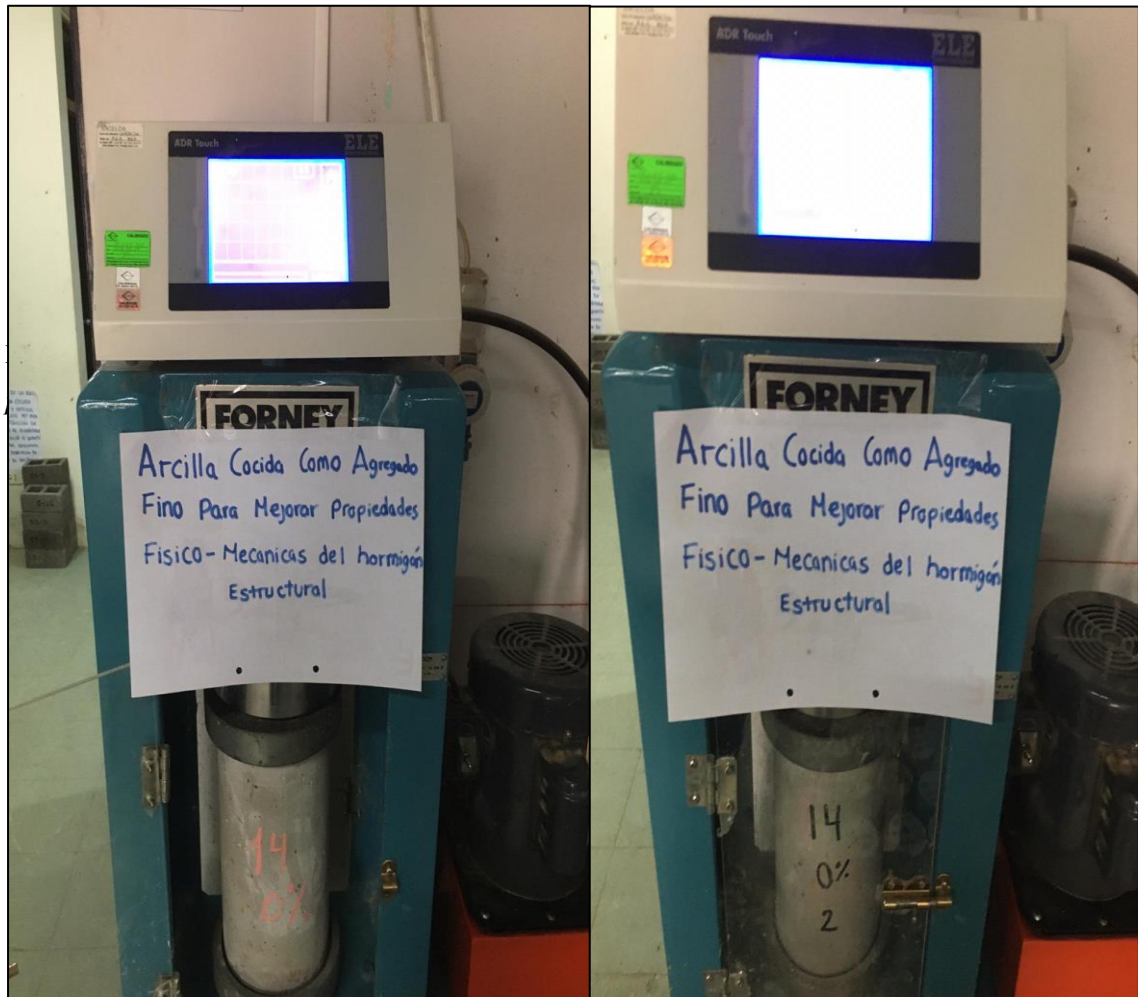


Figura N° 73: Ensayo de Compresión

Fuente: Elaboración propia



En la tabla 46 se muestra todos los resultados obtenidos del ensayo a compresión axial de 7 días, 14 días y 28 días; en esta tabla se encuentran los resultados de las 36 probetas cilíndricas correspondientes al hormigón patrón, hormigón con adición del 15% de arcilla cocida, hormigón con 20% de arcilla cocida y hormigón con adición de arcilla cocida al 25%.

Tabla N° 46: Resultados de la Resistencia a la Compresión

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
Tesistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Diseños	Varios		Norma	339.034	
Relación a/c	0.558		Fecha	Varios	
Resistencia a la Compresión					
Diseño			Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> )		
Descripción	% Arcilla Cocida	a/c	7 días	14 días	28 días
Patrón	0	0.558	338.5	372.9	409.8
Patrón	0	0.558	342.1	362.4	407.3
Patrón	0	0.558	340.4	365.1	454.4
+15 % AC*	15	0.558	312.1	366.2	432.8
+15 % AC	15	0.558	318.5	381.6	444.6
+15 % AC	15	0.558	309.9	373.8	438.3
+20% AC	20	0.558	323.0	385.5	442.0
+20% AC	20	0.558	346.3	384.1	463.1
+20% AC	20	0.558	298.8	379.8	443.3
+25% AC	25	0.558	295.9	371.3	437
+25% AC	25	0.558	337.2	386	477.7
+25% AC	25	0.558	318.2	381.6	465.7
Promedio			323.0	376	443.0
Desviación Estándar			17.33	8.36	20.88
Coefficiente de variación			5%	2%	5%

Fuente: Elaboración propia

\* AC Arcilla Cocida

En la tabla 47 se puede observar los valores promediados de resistencia a la compresión axial con respecto a cada tipo de mezcla por días de rotura. Se muestra los valores promediados obtenidos de las 36 muestras cilíndricas ensayadas a compresión a 7, 14 y 28 días.

Tabla N° 47: Promedio de los Resultados de la Resistencia a la Compresión

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL</b>				
Tesisistas				
Hurtado Iglesias, Christian Omar				
Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo				
Diseños	Varios		Norma	339.034
Relación a/c	0.558		Fecha	Varios
Diseños				
Descripción	Días			Unidad
	7 días	14 días	28 días	
Patrón	340.33	366.80	423.83	kg/cm <sup>2</sup>
+15 % AC*	313.50	373.87	438.57	kg/cm <sup>2</sup>
+20% AC	322.70	383.13	449.47	kg/cm <sup>2</sup>
+25% AC	317.10	379.63	460.13	kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

\* AC Arcilla Cocida

Usando la tabla 47 de los resultados promediados de compresión axial, se logró realizar el gráfico de resistencia a la compresión vs edad de ensayo. En la gráfica de la figura 74, se demuestra como todos los diseños con adición de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino superaron en resistencia al diseño patrón a partir del día 14. Esta gráfica muestra las curvas de resistencia axial obtenidas de las mezclas con adición de porcentaje de arcilla cocida (AC) en cada una de los 4 tipos de mezcla ensayadas a los 7, 14 y 28 días.

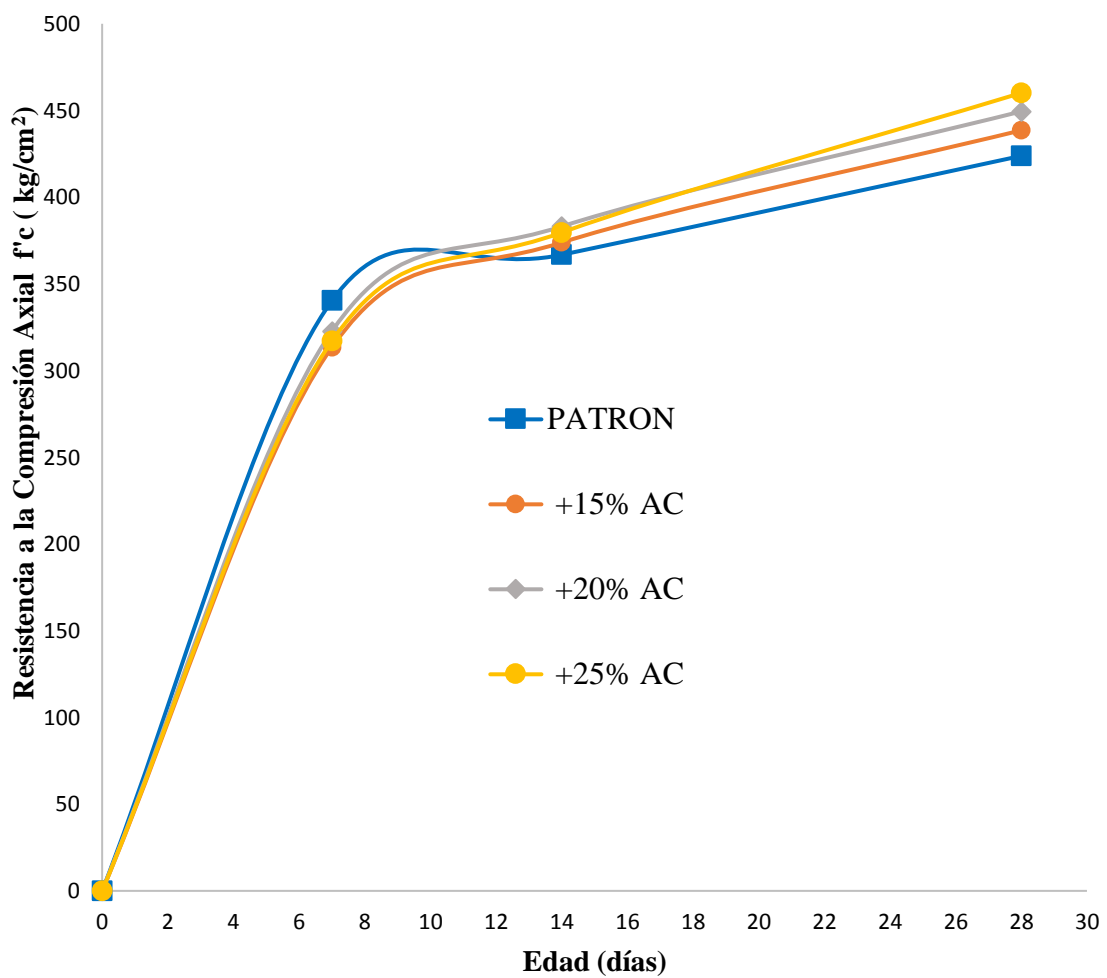


Figura N° 74: Gráfico Resistencia a la Compresión vs Edades (días)

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2 Resistencia a la tracción

El laboratorio MTL Geotecnia SAC, ubicado en el distrito de San Martín de Porres fue el encargado de realizar las roturas, este ensayo se realizó siguiendo la norma técnica peruana NTP 339.084 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica) y su equivalencia norma internacional ASTM C496-96 (*Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens*).

Este ensayo consiste en aplicar la fuerza de compresión a lo largo de un espécimen cilíndrico de concreto hasta que este falle por la longitud de su diámetro. Esta carga induce esfuerzos de tensión en el plano donde se aplica esfuerzos a la compresión en el área donde la carga es aplicada. Por lo tanto, la falla de tracción ocurre antes que la falla de compresión debido a que las áreas de aplicación de la carga se encuentran en un estado de compresión triaxial a lo largo de todo el espécimen de concreto, permitiendo de esta manera resistir al espécimen de concreto mucho mayor esfuerzo a la compresión que el obtenido por un esfuerzo a la compresión uniaxial dando paso a la falla por tracción a lo largo del espécimen de concreto. (Huerta, 2016, p.1)



Figura N° 75: Probetas para ensayo a Tracción en Laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Esta figura es una muestra de cómo fue ensayada una probeta patrón a tracción, de la misma forma fueron ensayadas a tracción las 36 probetas de 7 días, 14 días y 28 días



Figura N° 76: Ensayo de Tracción

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 48, se presenta los resultados de las 36 probetas ensayadas a tracción a 7 días, 14 días y 28 días.

Tabla N° 48: Resultados de la Resistencia a la Tracción

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL					
Tesistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Diseños	Varios		Norma	339.084	
Relación a/c	0.558		Fecha	Varios	
Resistencia a la Tracción					
Diseño			Resistencia f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )		
Descripción	% Arcilla Cocida	a/c	7 días	14 días	28 días
Patrón	0	0.558	35	37	39
Patrón	0	0.558	30	38	40
Patrón	0	0.558	36	34	45
+15 % AC*	15	0.558	26	33	29
+15 % AC	15	0.558	29	30	29
+15 % AC	15	0.558	27	27	33
+20% AC	20	0.558	28	29	27
+20% AC	20	0.558	27	33	34
+20% AC	20	0.558	34	32	35
+25% AC	25	0.558	31	34	38
+25% AC	25	0.558	29	31	30
+25% AC	25	0.558	30	33	34
Promedio			30	33	34
Desviación Estándar			3.27	3.12	5.33
Coeficiente de variación			11%	10%	15%

Fuente: Elaboración propia

\* AC Arcilla Cocida

La tabla 49 muestra un resumen de los resultados promediados de acuerdo al tipo de diseño y días de ensayo. Los valores de esta tabla serán usados posteriormente para graficar la curva de tracción.

Tabla N° 49: Promedio de los Resultados de la Resistencia a la Tracción

<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN</b>				
Tesistas	Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Diseños	Varios	Norma	339.084	
Relación a/c	0.558	Fecha	Varios	
Diseños				
Descripción	Días			Unidad
	7 días	14 días	28 días	
Patrón	33.67	36.33	41.33	kg/cm <sup>2</sup>
+15 % AC	27.33	30.00	30.33	kg/cm <sup>2</sup>
+20% AC	29.67	31.33	32.00	kg/cm <sup>2</sup>
+25% AC	30.00	32.67	34.00	kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

Usando los valores de la tabla 49, se pudo realizar el gráfico de resistencia a tracción vs edad de ensayo, para ello se usó el programa de excel. Con esta gráfica se puede apreciar en todo momento que el diseño patrón sin adición de arcilla es superior a los 3 diseños usando arcilla cocida en reemplazo del agregado fino. Esta gráfica muestra el promedio de resistencia a la tracción obtenida de cada mezcla respecto a las edades ensayadas 7, 14 y 28 días

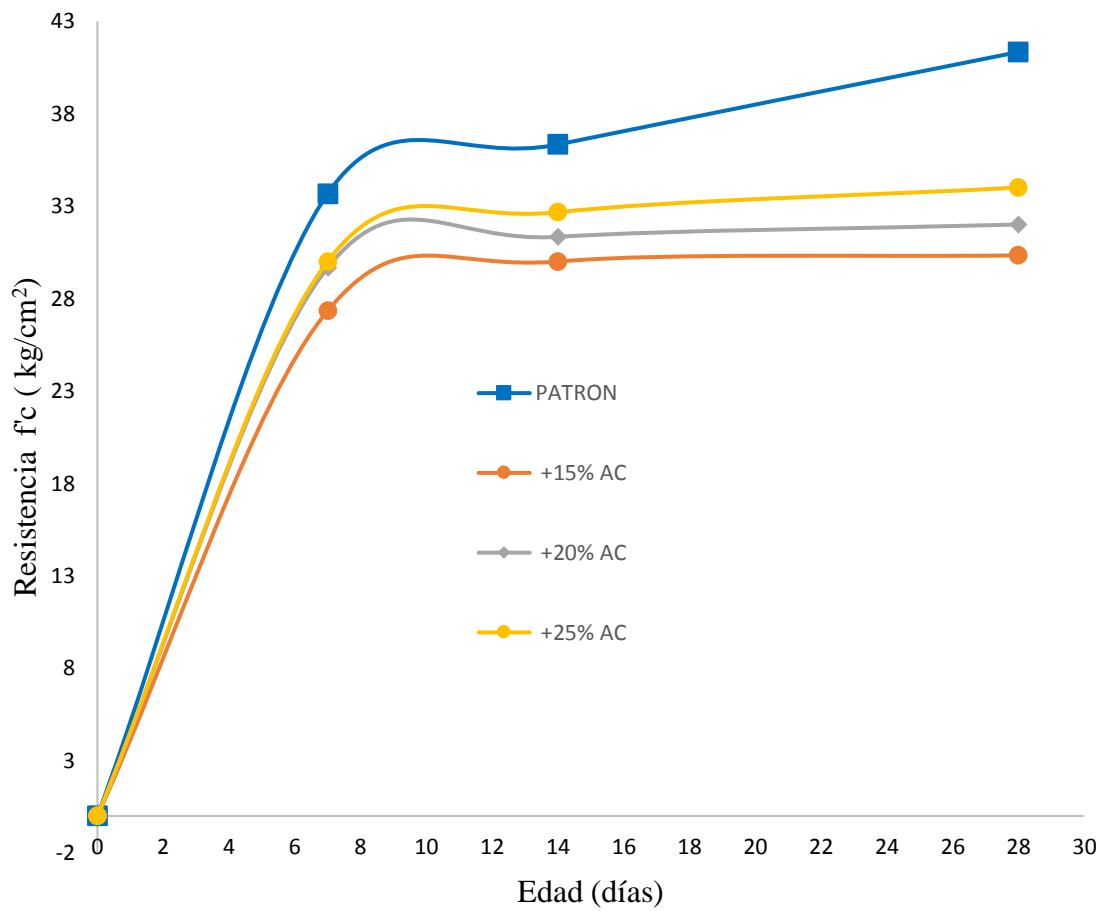


Figura N° 77: Gráfico Resistencia a la Tracción vs Edad Ensayada (días)

Fuente: Elaboración propia



#### 4.5.3 Resistencia a la flexión

La tabla 50 muestra los resultados de roturas de las 36 vigas ensayadas a 7 días, 14 días y 28 días. Las roturas fueron realizadas por el laboratorio MTL Geotecnia SAC, ubicado en el distrito de San Martín de Porres siguiendo la normativa NTP 339.078.

La norma técnica peruana 339.078 del método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará, según la ubicación de la falla: dentro del tercio medio o a una distancia de este no mayor del 5% de la luz libre. La viga tendrá una luz libre entre apoyos equivalente a tres veces su altura con una tolerancia de 1%. Las caras laterales de la viga formarán ángulos rectos con las caras superior e inferior de la misma. (Inacal, 2012, pp. 2-4)

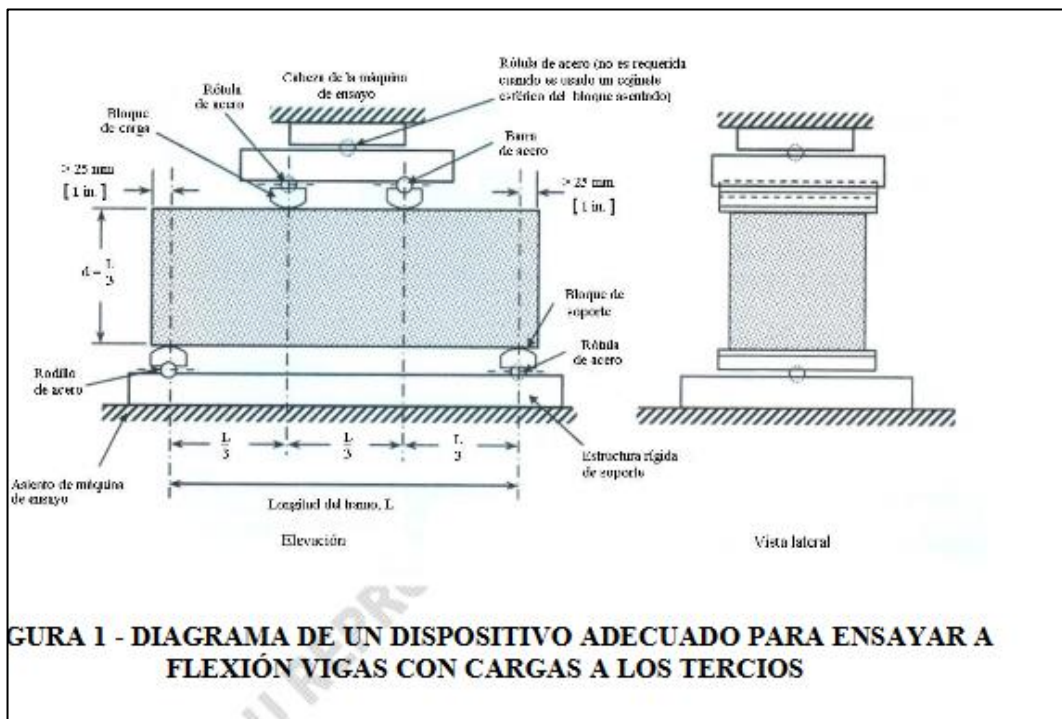


Figura N° 78: Diagrama para Ensayar a Flexión

Fuente: Obtenido de “Norma técnica peruana” por Inacal, 2012, (p.10).

La tabla 50, contiene los valores obtenidos de las 36 muestras prismáticas (vigas) ensayadas a flexión a los 7, 14 y 28 días

Tabla N° 50: Resultados de la Resistencia a la Flexión

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN					
Tesisistas		Hurtado Iglesias, Christian Omar Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo			
Diseños	Varios	Norma	339.078		
Relación a/c	0.558	Fecha	Varios		
Resistencia a la Compresión					
Diseño		Resistencia f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )			
Descripción	% Arcilla Cocida	a/c	7 días	14 días	28 días
Patrón	0	0.558	34	40	44
Patrón	0	0.558	36	41	44
Patrón	0	0.558	39	43	50
+15 % AC*	15	0.558	33	38	38
+15 % AC	15	0.558	33	35	40
+15 % AC	15	0.558	32	35	33
+20% AC	20	0.558	32	38	41
+20% AC	20	0.558	33	36	43
+20% AC	20	0.558	35	36	38
+25% AC	25	0.558	33	49	40
+25% AC	25	0.558	37	31	50
+25% AC	25	0.558	34	31	50
Promedio			34	38	43
Desviación Estándar			2.14	5.07	5.38
Coeficiente de variación			6%	13%	13%

Fuente: Elaboración propia

\*AC significa Arcilla Cocida

La tabla 51 presenta un resumen de los resultados de flexión, se muestra los valores promediados obtenidos de las 36 muestras prismáticas (vigas) ensayadas a flexión a los 7, 14 y 28 días.

Tabla N° 51: Promedio de los Resultados de la Resistencia a la Flexión

<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN</b>				
Hurtado Iglesias, Christian Omar				
Tesisistas Quispitupa Huashua, Carlos Cirilo				
Diseños	Varios	Norma	339.078	
Relación a/c	0.558	Fecha	Varios	
Diseños				
Descripción	Días			Unidad
	7 días	14 días	28 días	
Patrón	36.33	41.33	46.00	kg/cm <sup>2</sup>
+15 % AC*	32.67	36.00	37.00	kg/cm <sup>2</sup>
+20% AC	33.33	36.67	40.67	kg/cm <sup>2</sup>
+25% AC	34.67	37.00	46.67	kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

\*AC significa arcilla cocida

Usando los resultados de la tabla 51 y el programa excel se procedió a realizar la gráfica resistencia a la flexión vs días ensayados. De acuerdo a la figura 79 se puede observar cómo cada una de las mezclas con adición de arcilla cocida tiende a crecer el valor de resistencia a la flexión a medida que aumenta su edad. Esta gráfica muestra el promedio de resistencia a la flexión obtenida de cada tipo de mezcla respecto a las edades ensayadas 7, 14 y 28 días

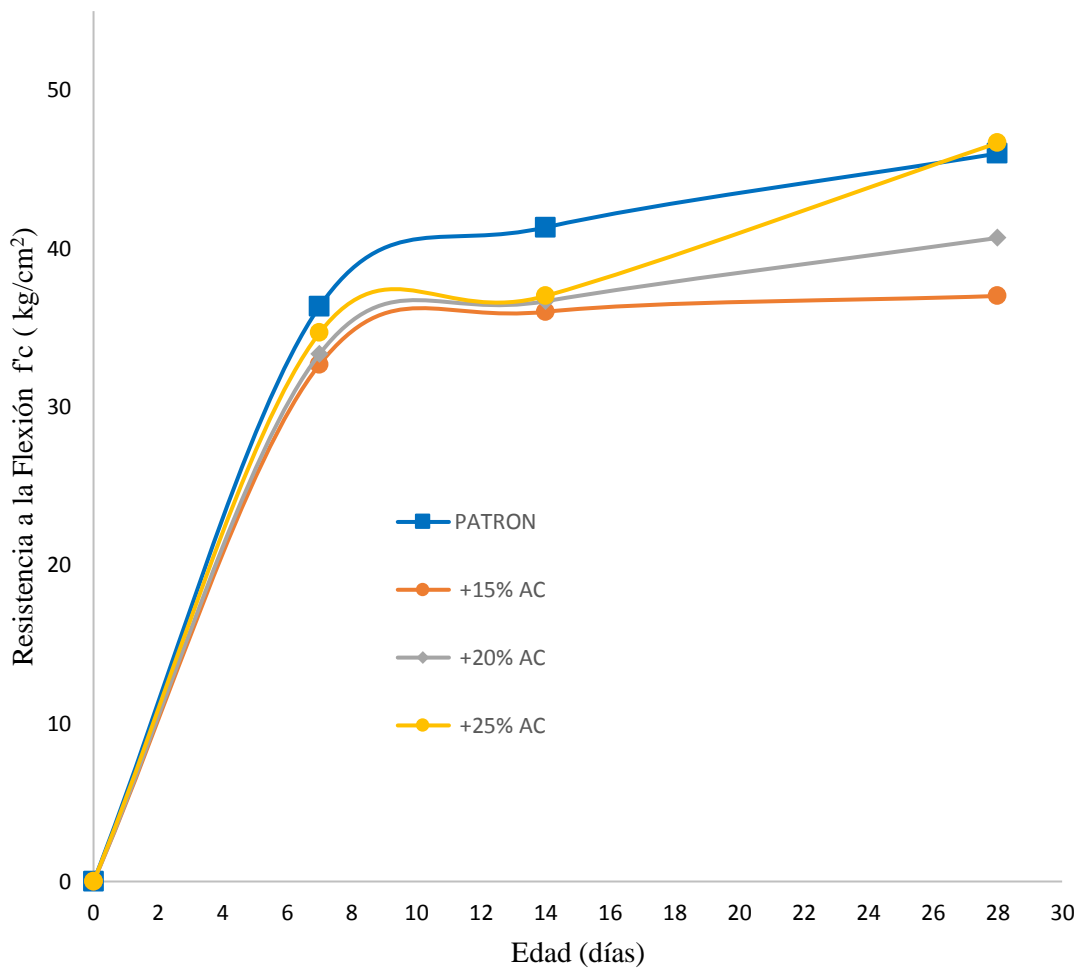


Figura N° 79: Gráfico Resistencia a la Flexión vs Edad (días) Ensayada

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6 Contrastación de hipótesis

“La utilidad del contraste de hipótesis proviene del hecho de construir uno de los elementos más apropiados para tomar decisiones en condiciones de incertidumbre” (López, 2006, p. 297).

Una hipótesis estadística o simplemente hipótesis es una pretensión o aseveración sobre el valor de un solo parámetro (característica de una población o característica de una distribución de probabilidad), sobre los valores de varios parámetros o sobre la forma de una distribución de probabilidad completa. (Devore, 2008, p.285)

Para la contrastación de hipótesis vamos a usar dos hipótesis según se define de la siguiente forma:

La hipótesis nula denotada por  $H_0$ , es la pretensión de que inicialmente se supone cierta (la pretensión de “creencia previa”). La hipótesis alternativa denotada por  $H_a$ , es la aseveración contradictoria a  $H_0$ . La hipótesis nula será rechazada en favor de la hipótesis alternativa sólo si la evidencia muestral sugiere que  $H_0$  es falsa. Si la muestra no contradice fuertemente a  $H_0$ , se continuará creyendo en la verdad de la hipótesis nula. Las dos posibles conclusiones derivadas de un análisis de prueba de hipótesis son entonces rechazar  $H_0$  o no rechazar  $H_0$ . En muchas situaciones,  $H_a$  se conoce como “hipótesis del investigador”, puesto que es la pretensión que al investigador en realidad le gustaría validar. La palabra nulo significa “sin ningún valor, efecto o consecuencia”, lo que sugiere que  $H_0$  no deberá ser identificada con la hipótesis de ningún cambio (de la opinión actual), ninguna diferencia, ninguna mejora, y así sucesivamente. En el tratamiento de la prueba de hipótesis,  $H_0$  siempre será formulada como una afirmación de igualdad. Si  $\theta$  denota el parámetro de interés, la hipótesis nula tendrá la forma  $H_0: \theta = \theta_0$  donde  $\theta_0$  es un número específico llamado valor nulo del parámetro (valor pretendido para  $\theta$  por la hipótesis nula). (Devore, 2008, pp.285-286)

#### 4.6.1 Contratación de hipótesis 1

Hipótesis 01: Al determinar el porcentaje de arcilla cocida se mejora las propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural.

Para contrastar esta hipótesis 01, se analizó los datos obtenidos del asentamiento medidos con el ensayo de cono de Abrams en concreto fresco.

La tabla 52 muestra el resumen de datos obtenidos del asentamiento, estos datos han sido usados para el análisis estadístico.

Tabla N° 52: Valores Obtenidos del Asentamiento

Diseños de Mezcla	Asentamiento en Concreto Fresco:
4	Centímetros
Hormigón Patrón sin Adición de Arcilla Cocida	11.6
Hormigón +15 % Arcilla Cocida	10.80
Hormigón +20 % Arcilla Cocida	9.50
Hormigón +25 % Arcilla Cocida	8.00

Fuente: Elaboración propia

Usando el programa SPSS, gráfico de barras y regresión lineal simple se realizó el análisis estadístico. Ingresando la información de la tabla 52 al SPSS, la tabla 53 muestra los resultados estadísticos descriptivos determinados del Asentamiento con relación al porcentaje de arcilla

Tabla N° 53: Datos Estadísticos del Asentamiento

		% Arcilla Cocida	Asentamiento (cm)
Número Diseños de Mezcla	Válidos	3	3
	Perdidos	0	0
Media		20,00	9,4333
Error Estándar de la Media		2,887	0,80898
Desviación		5,000	1,40119

Fuente: Elaboración propia.

### Hipótesis

Se define dos hipótesis: hipótesis nula ( $H_0$ ) e hipótesis alternativa ( $H_a$ ).

$H_0$ : Al determinar el porcentaje de arcilla cocida se mejora de las propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural.

$H_a$ : Al determinar el porcentaje de arcilla cocida no mejora las propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural.

## Análisis de datos

La figura 80 muestra un gráfico de barras obtenido del programa SPSS, este gráfico representa el asentamiento (cm) vs el porcentaje de arcilla adicionado a cada una de las mezclas de hormigón según detalle siguiente:

0%: Hormigón patrón sin adición de arcilla cocida

15%: Hormigón con adición del 15% de arcilla cocida en reemplazo del fino

20%: Hormigón con adición del 20% de arcilla cocida en reemplazo del fino

25%: Hormigón con adición del 25% de arcilla cocida en reemplazo del fino

Esta gráfica de barras se obtuvo del procesamiento de datos usando el programa SPSS, muestra los valores del asentamiento (cm) vs el porcentaje de arcilla usado en reemplazo del agregado fino usado en cada diseño de mezcla, de esta forma se puede apreciar que adicionando porcentaje de arcilla no presenta ninguna mejora en el asentamiento

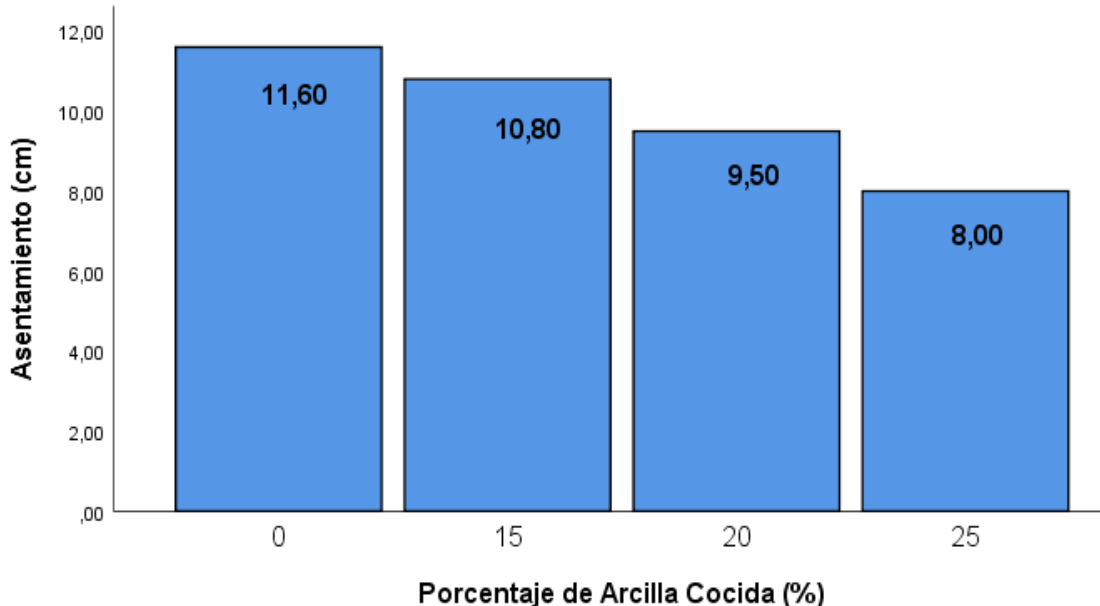


Figura N° 80: Gráfico Asentamiento vs % Arcilla Cocida

Fuente: Elaboración propia



En esta figura se puede apreciar el resumen del procesamiento de casos con referente al asentamiento, del mismo modo se establece el intervalo de confianza de 95%.

<b>Resumen de procesamiento de casos</b>						
	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Asentamiento (cm)	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
<b>Descriptivos</b>						
		Estadístico			Error estándar	
Asentamiento (cm)	Media	9,4333			,80898	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,9526			
		Límite superior	12,9141			
	Media recortada al 5%	.				
	Mediana	9,5000				
	Varianza	1,963				
	Desviación estándar	1,40119				
	Mínimo	8,00				
	Máximo	10,80				
	Rango	2,80				
	Rango intercuartil	.				
	Asimetría	-,214			1,225	
	Curtosis	.			.	

Figura N° 81: Resumen del Procesamiento de Casos en Asentamiento

Fuente: Elaboración propia

La tabla 54 muestra los coeficientes referidos al asentamiento.

Tabla N° 54: Coeficientes con Referencia al Asentamiento

Coeficientes*						
Modelo		Coeficientes no Estandarizados		Coeficientes Estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
		1	Constante	15,033		
	% Arcilla Cocida	-0,280	0,012	-0,999	-24,249	0,026

Fuente: Elaboración propia

\* variable dependiente: asentamiento (cm)

La relación matemática determinística más simple entre dos variables  $x$  y  $y$  es una relación lineal  $y = \beta_0 + \beta_1 x$ . El conjunto de pares  $(x, y)$  para los cuales  $y = \beta_0 + \beta_1 x$  determina una línea recta con pendiente  $\beta_1$  e intersección en  $y$   $\beta_0$ . El objetivo de esta sección es desarrollar un modelo probabilístico lineal. (Devore, 2008, p.447)

$$y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (a)$$

$\beta_1$ : pendiente

$\beta_0$ : intersección con el eje Y

$x$  : intersección con el eje de la ordenada

$y$  : asentamiento

Usando los valores de la tabla 54 y reemplazando en la ecuación (a) se obtiene lo siguiente:

$$y = 15,033 - 0,280x$$

Con esta figura 82, se puede observar la recta y su ecuación igual que la prevista. En esta figura se observa la gráfica de la recta de regresión lineal simple con pendiente negativa y el  $R^2$  con valor de 0.998.

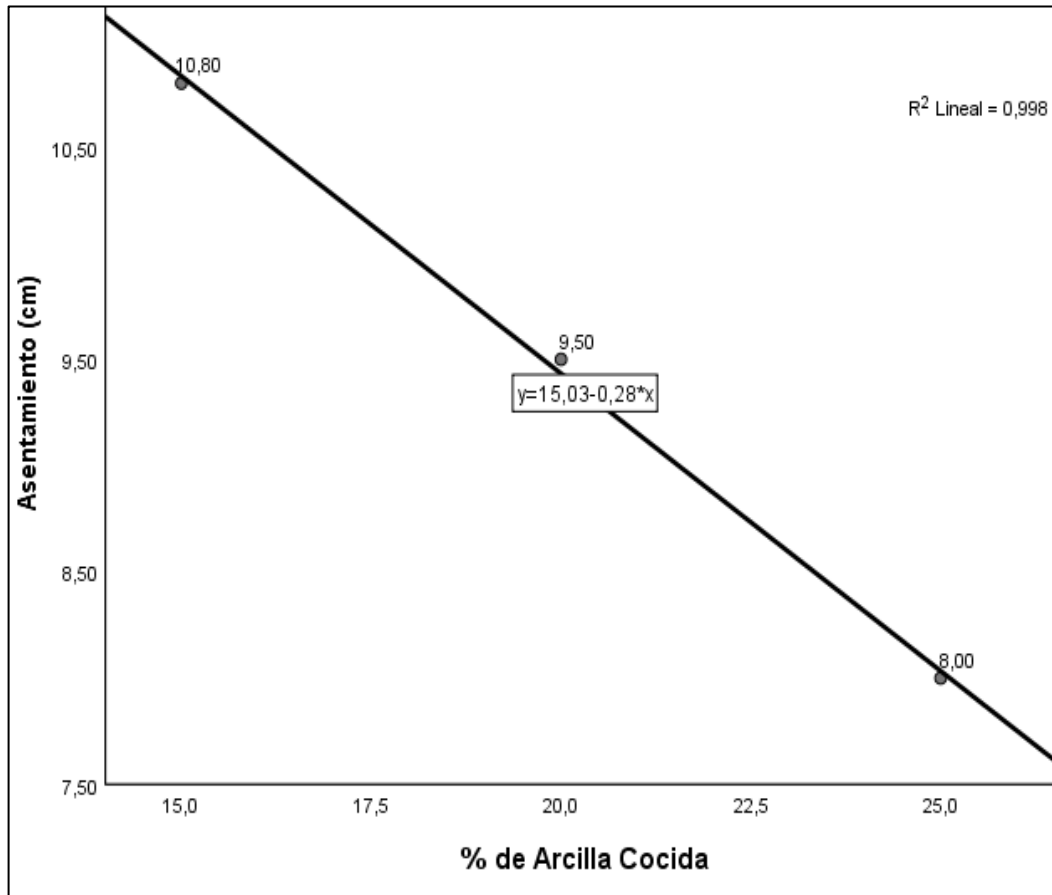


Figura Nº 82: Recta de Regresión Lineal del Asentamiento

Fuente: Elaboración propia

## Coeficiente de determinación múltiple ( $R^2$ )

El coeficiente de determinación, denotado por  $R^2$  está dado por

$$R^2 = 1 - \frac{SCE}{STC}$$

Esta relación “se interpreta como la proporción de variación y observada que puede ser explicada por el modelo de regresión lineal simple (atribuida a una relación lineal aproximada entre  $y$  y  $x$ )” (Devore, 2008, p.463).

SCE es la suma de desviaciones cuadráticas en torno a la línea de mínimos cuadrados; STC es la suma de desviaciones al cuadrado en torno a la línea horizontal. La razón SCE/STC es la proporción de variación total que no puede ser explicada por el modelo de regresión lineal simple y  $1 - SCE/STC$  (un número entre 0 y 1) es la proporción de variación de  $y$  observada y explicada por el modelo. (Devore, 2008, p. 463)

En la tabla 55 se puede ver los datos del resumen del modelo de asentamiento, el valor del  $R^2$  es de importancia ya que con ello se puede verificar que tan acertado es el diseño de regresión lineal simple. En esta tabla se muestra el valor del coeficiente de determinación del ensayo de asentamiento

Tabla N° 55: Coeficiente de Determinación  $R^2$  del Asentamiento

<b>Resumen de Modelo</b>				
Modelo	R	$R^2$	$R^2$ Ajustado	Error Estimación
1	0,999*	0,998	0,997	0,08165

Fuente: Elaboración propia

\*predictores: (constante), % de arcilla cocida.

Análisis de varianza (Anova):

“El análisis de la varianza, o más brevemente, ANOVA, se refiere en general a un conjunto de situaciones experimentales y procedimientos estadísticos para el análisis de respuestas cuantitativas de unidades experimentales” (Devore, 2008, p. 369).

Con el programa SPSS se realizó el análisis de la varianza. En la tabla 56 se muestra los resultados del análisis de la varianza (ANOVA) del ensayo de asentamiento.

Tabla N° 56: Análisis de Varianza del Ensayo de Asentamiento

Anova*						
Modelo		Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	3,920	1	3,920	588,000	0,026**
	Residuo	0,007	1	0,007		
	Total	3,927	2			

Fuente: Elaboración propia

\* variable dependiente (asentamiento)

\*\* predictores: constante, (% de arcilla cocida)

El coeficiente de determinación se escribe en una forma un poco diferente al introducir una tercera suma de cuadrados, suma de cuadrados debido a la regresión, SCR dada por  $SCR = STC - SCE$ . La suma de cuadrados debido a la regresión se interpreta como la cantidad de variación total que es explicada por el modelo. (Devore, 2008, p. 464)

En tal caso se tiene:

$$R^2 = 1 - SCE/STC = (STC - SCE) / STC = SCR/STC \quad (b)$$

SCR: suma de cuadrados debido a la regresión

STC: suma de cuadrados totales

Reemplazando los valores de la tabla 56 en (b), se obtiene el  $R^2$

$$R^2 = SCR/STC = \frac{SCR}{STC} = \frac{3,920}{3,927}$$

$$R^2 = 0.998$$

El valor obtenido del  $R^2 = 0.998$

Mientras más alto es el valor de  $R^2$ , más exitoso es el modelo de regresión lineal simple al explicar la variación de  $y$ . Cuando se realiza un análisis de regresión mediante un programa de cómputo estadístico,  $R^2$  o  $100 R^2$  (el porcentaje de variación explicado por el modelo) es una parte prominente de los resultados. Si  $R^2$  es pequeño, un analista normalmente deseará buscar un modelo alternativo (como un modelo no lineal o un modelo de regresión múltiple que implique más de una sola variable independiente) que explique con más eficacia la variación de  $y$ . (Devore, 2008, p. 463)

Este valor obtenido indica que hubo un 99.8% de éxito con el modelo de regresión lineal simple.

De acuerdo a los valores obtenidos, usando el gráfico de barras y gráfico de regresión lineal del asentamiento, se puede apreciar que la recta tiene pendiente negativa (tendencia descendente). El intervalo de confianza es de 95%, el valor de la significancia obtenido fue de 0,026, por lo que al ser éste un valor menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula ( $h_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Esto significa que el asentamiento del hormigón usando adiciones de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino no mejora las propiedades físicas del hormigón estructural pues así se le adicione 15%, 20% o 25% de arcilla cocida no hay diferencia ya que no supera al hormigón patrón.

#### 4.6.2 Contrastación de hipótesis 2

Hipótesis 02: Al determinar la relación agua/cemento se mejora la resistencia del hormigón estructural usando adición de arcilla cocida.

Análisis estadístico de resistencia a la compresión axial:

Para realizar el análisis estadístico se utilizó los resultados obtenidos del ensayo a compresión axial de 28 días de acuerdo a la tabla siguiente.

Tabla N° 57: Valores Obtenidos del Ensayo de Compresión Axial a 28 Días

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>		
Tipo de Diseño de Mezcla	a/c Diseño	Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
Descripción		28 días
Hormigón Patrón	0.558	409.8
Hormigón Patrón	0.558	407.3
Hormigón Patrón	0.558	454.4
Hormigón con 15 % de Arcilla Cocida	0.558	432.8
Hormigón con 15 % de Arcilla Cocida	0.558	444.6
Hormigón con 15 % de Arcilla Cocida	0.558	438.3
Hormigón con 20% de Arcilla Cocida	0.558	442.0
Hormigón con 20% de Arcilla Cocida	0.558	463.1
Hormigón con 20% de Arcilla Cocida	0.558	443.3
Hormigón con 25% de Arcilla Cocida	0.558	437
Hormigón con 25% de Arcilla Cocida	0.558	477.7
Hormigón con 25% de Arcilla Cocida	0.558	465.7

Fuente: Elaboración propia

Se usó el programa SPSS para el análisis estadístico y regresión lineal simple. Ingresando la información de la tabla anterior al SPSS, la tabla 58 muestra los resultados estadísticos descriptivos determinados por el programa SPSS.

Tabla N° 58: Datos Estadísticos de la Resistencia a la Compresión Axial en 28 Días

	Resistencia Axial (kg/cm <sup>2</sup> )		a/c Efectiva
	Número Diseños de Mezcla	Válidos	9
	Perdidos	0	0
Media		449,3889	0,59833
Error Estándar de la Media		5,16641	0,001302
Desviación		15,49923	0,003905
Suma		4044,50	5,385

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis

Se plantea la hipótesis nula ( $H_0$ ) e hipótesis alternativa ( $H_a$ ).

Hipótesis ( $H_0$ ): al determinar la relación agua/cemento se mejora la resistencia a la compresión axial del hormigón estructural.

Hipótesis ( $H_a$ ): al determinar la relación agua/cemento no se mejora la resistencia a la compresión axial del hormigón estructural.



## Análisis de datos

La figura 83 muestra el histograma con la curva de distribución y datos estadísticos de la tabla anterior.

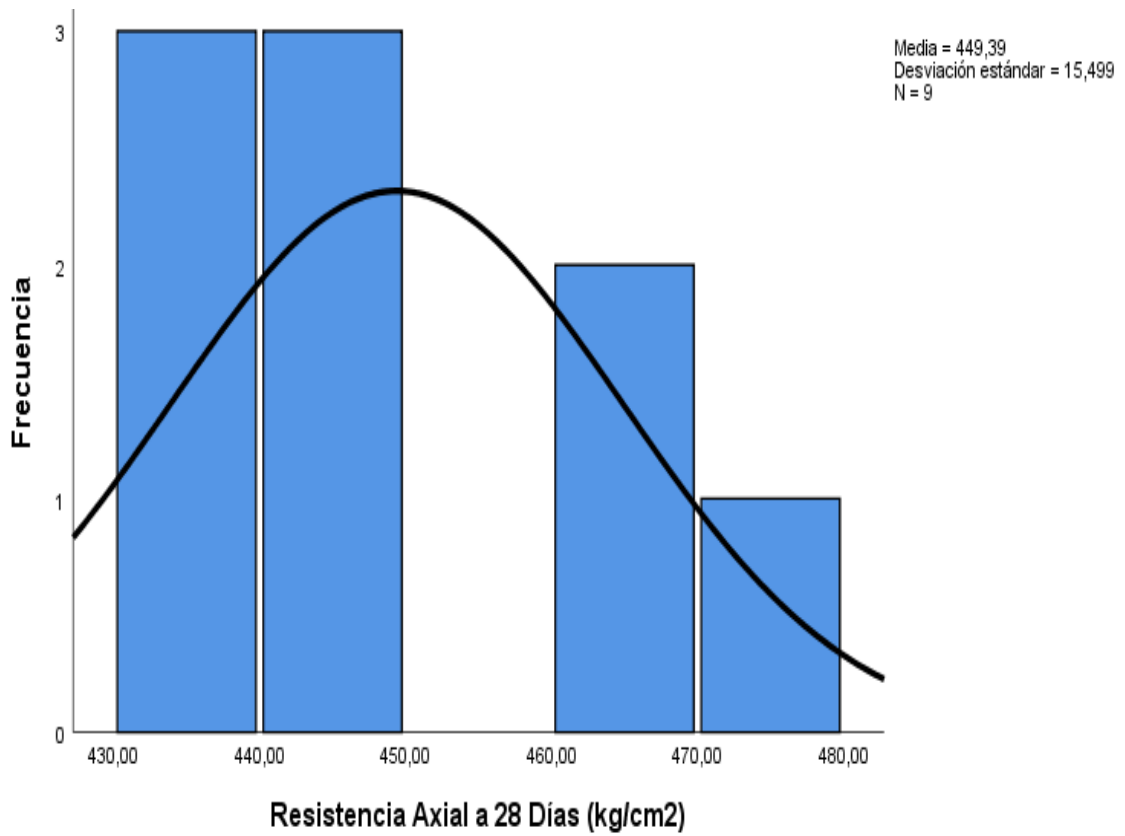


Figura N° 83: Histograma de la Resistencia a la Compresión Axial

Fuente: Elaboración propia

En la figura 84 se muestra los resultados estadísticos del procesamiento de casos referente a la compresión axial del hormigón con adición de arcilla cocida en 15%, 20% y 25% en reemplazo del agregado fino para determinar cuál es la óptima relación a/c. En esta figura se puede apreciar el resumen del procesamiento de casos con referente a la resistencia a la compresión axial, del mismo modo se establece el intervalo de confianza de 95%.

<b>Resumen de procesamiento de casos</b>						
	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Resistencia Axial a 28 Días (kg/cm2)	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%
<b>Descriptivos</b>						
			Estadístico	Error estándar		
Resistencia Axial a 28 Días (kg/cm2)	Media		449,3889	5,16641		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	437,4751			
		Límite superior	461,3027			
	Media recortada al 5%		448,7377			
	Mediana		443,3000			
	Varianza		240,226			
	Desviación estándar		15,49923			
	Mínimo		432,80			
	Máximo		477,70			
	Rango		44,90			
	Rango intercuartil		26,75			
	Asimetría		,908	,717		
	Curtosis		-,543	1,400		

Figura N° 84: Resumen del Procesamiento de Casos – Compresión Axial

Fuente: Elaboración propia

La tabla 59 muestra los coeficientes referidos al asentamiento.

Tabla N° 59: Coeficientes con Referencia a la Compresión Axial

Coeficientes*						
Modelo		Coeficientes no Estandarizados		Coeficientes Estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	Constante	-977,947	717,366		-1,363	0,215
	a/c Efectiva	2385,519	1198,917	0,601	1,990	0,087

Fuente: Elaboración propia

\*a es la variable dependiente: Resistencia axial a 28 días (kg/cm<sup>2</sup>).

La relación matemática determinística más simple entre dos variables x y y es una relación lineal  $y = \beta_0 + \beta_1 x$ . El conjunto de pares (x, y) para los cuales  $y = \beta_0 + \beta_1 x$  determina una línea recta con pendiente  $\beta_1$  e intersección en y  $\beta_0$ . El objetivo de esta sección es desarrollar un modelo probabilístico lineal. (Devore, 2008, p.447)

$$y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (a)$$

$\beta_1$ : pendiente

$\beta_0$ : intersección con el eje Y

x: intersección con el eje de la ordenada

y: resistencia a la compresión axial

Usando los valores de la tabla 59 y reemplazando en la ecuación (a) se obtiene lo siguiente:

$$y = -977,947 + 2385,519x$$

En la figura 85, se puede observar la recta y su ecuación igual que la prevista con la tabla 59. En esta figura se observa la gráfica de la recta de regresión lineal simple con pendiente positiva y el  $R^2$  con valor de 0,361.

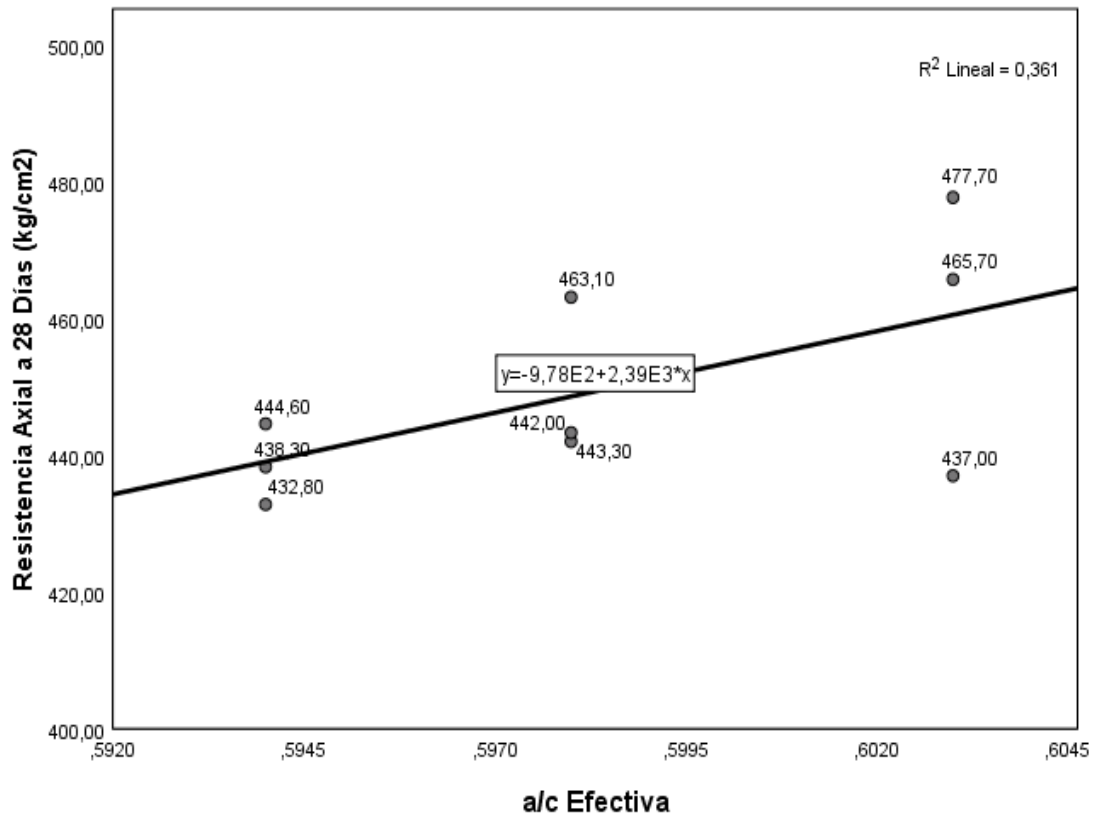


Figura N° 85: Recta de Regresión Lineal del Compresión Axial

Fuente: Elaboración propia

Coefficiente de determinación múltiple ( $R^2$ )

El coeficiente de determinación, denotado por  $R^2$  está dado por

$$R^2 = 1 - \frac{SCE}{STC}$$

Esta relación “se interpreta como la proporción de variación y observada que puede ser explicada por el modelo de regresión lineal simple (atribuida a una relación lineal aproximada entre y y x)” (Devore, 2008, p.463).

SCE es la suma de desviaciones cuadráticas en torno a la línea de mínimos cuadrados; STC es la suma de desviaciones al cuadrado en torno a la línea horizontal. La razón SCE/STC es la proporción de variación total que no puede ser explicada por el modelo de regresión lineal simple y  $1 - \text{SCE/STC}$  (un número entre 0 y 1) es la proporción de variación de  $y$  observada y explicada por el modelo. (Devore, 2008, p. 463)

En la tabla 60 se puede ver datos del resumen del modelo de asentamiento, el valor del  $R^2$  es de importancia ya que con ello se puede verificar que tan acertado es el diseño de regresión lineal simple.

Tabla N° 60: Coeficiente de Determinación  $R^2$  de la Compresión Axial

<b>Resumen de Modelo</b>				
Modelo	R	$R^2$	$R^2$ Ajustado	Error Estimación
1	0,601*	0,361	0,270	13,24248

Fuente: En esta tabla se muestra el valor del coeficiente de determinación. Elaboración propia

\* predictores: (constante), a/c efectiva.

### Análisis de varianza (Anova):

“El análisis de la varianza, o más brevemente, ANOVA, se refiere en general a un conjunto de situaciones experimentales y procedimientos estadísticos para el análisis de respuestas cuantitativas de unidades experimentales” (Devore, 2008, p. 369).

Con el programa SPSS se realizó el análisis de la varianza. En la tabla 61 se muestra los resultados del análisis de la varianza (ANOVA).

Tabla N° 61: Análisis de Varianza del Ensayo de Compresión Axial

Anova*					
Modelo		Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F Sig.
1	Regresión	694,266	1	694,266	3,959 0,087**
	Residuo	1227,543	7	175,363	
	Total	1921,809	8		

Fuente: Elaboración propia

\* variable dependiente: resistencia axial a los 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

\*\* predictores: constante, a/c efectiva

El coeficiente de determinación se escribe en una forma un poco diferente al introducir una tercera suma de cuadrados, suma de cuadrados debido a la regresión, SCR dada por  $SCR = STC - SCE$ . La suma de cuadrados debido a la regresión se interpreta como la cantidad de variación total que es explicada por el modelo. (Devore, 2008, p.464)

En tal caso se tiene:

$$R^2 = 1 - SCE/STC = (STC - SCE) /STC = SCR/STC \quad (b)$$

SCR: suma de cuadrados debido a la regresión

STC: suma de cuadrados totales

Reemplazando los valores de la tabla 61 en (b), se obtiene el  $R^2$

$$R^2 = SCR/STC = \frac{SCR}{STC} = \frac{694,266}{1921,809}$$

$$R^2 = 0.361$$

El valor obtenido del  $R^2 = 0.361$

Mientras más alto es el valor de  $R^2$ , más exitoso es el modelo de regresión lineal simple al explicar la variación de  $y$ . Cuando se realiza un análisis de regresión mediante un programa de cómputo estadístico,  $R^2$  o  $100 R^2$  (el porcentaje de variación explicado por el modelo) es una parte prominente de los resultados. Si  $R^2$  es pequeño, un analista normalmente deseará buscar un modelo alternativo (como un modelo no lineal o un modelo de regresión múltiple que implique más de una sola variable independiente) que explique con más eficacia la variación de  $y$ . (Devore, 2008, p. 463)

Este valor obtenido indica que hubo un 36.1% de éxito con el modelo de regresión lineal simple.

La figura 86 muestra un gráfico de barras de la resistencia a la compresión axial. Esta figura muestra la comparación entre los 4 diseños de hormigón, la primera barra es del hormigón patrón y las tres últimas barras corresponde al hormigón con 15%, 20% y 25% de adición de arcilla cocida.

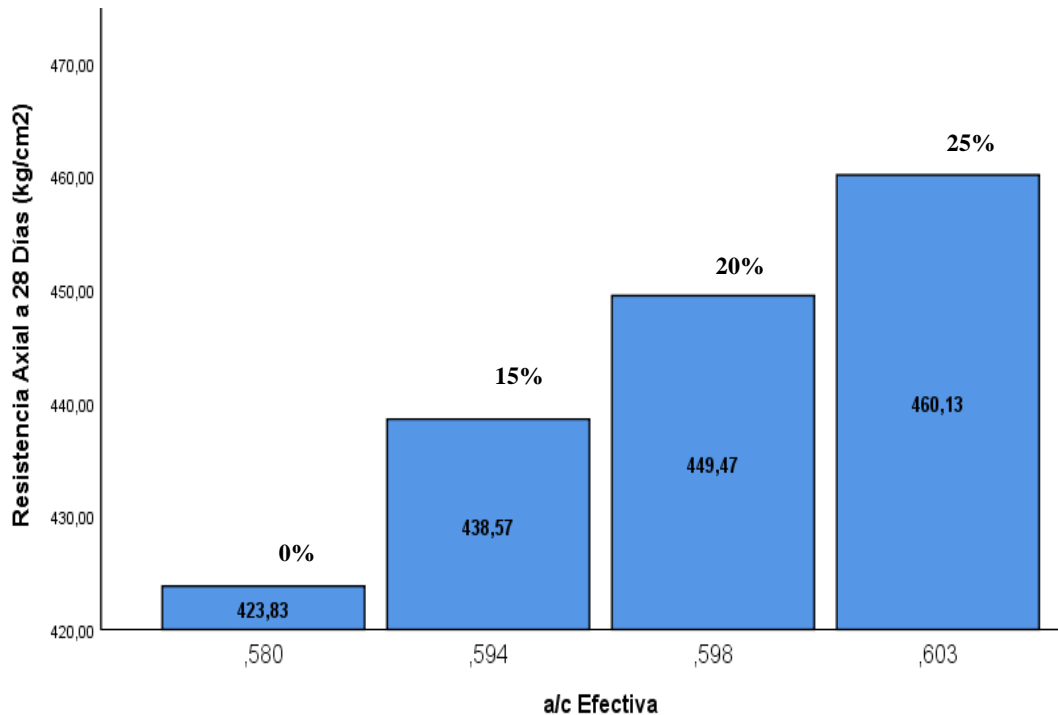


Figura N° 86: Gráfico de Barras de la Resistencia Axial vs a/c Efectiva

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los valores obtenidos, usando el gráfico de barras y gráfico de regresión lineal de la compresión axial, se puede apreciar que la recta de la figura 85 tiene pendiente positiva (tendencia ascendente). El intervalo de confianza es de 95%, el valor de la significancia obtenido fue de 0,087, por lo que al ser éste un valor mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Esto significa que al determinar la relación agua/cemento se mejora las propiedades de resistencia a la compresión axial del hormigón estructural, esto se puede notar claramente en la figura 86 del gráfico de barras en donde se compara todos los 4 tipos de mezclas realizadas.



### Análisis estadístico de resistencia a la tracción:

Para realizar el análisis estadístico se utilizó los resultados obtenidos del ensayo de tracción por compresión diametral de 28 días de acuerdo a la tabla 62. Esta tabla muestra 12 valores como resultado del ensayo por tracción a los 28 días.

Tabla N° 62: Valores Obtenidos del Ensayo de Tracción a los 28 Días

<b>Resistencia a la Tracción</b>		
Tipo de Diseño de Mezcla	a/c diseño	Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
Descripción		28 días
Hormigón Patrón	0.558	39
Hormigón Patrón	0.558	40
Hormigón Patrón	0.558	45
Hormigón con 15 % de Arcilla Cocida	0.558	29
Hormigón con 15 % de Arcilla Cocida	0.558	29
Hormigón con 15 % de Arcilla Cocida	0.558	33
Hormigón con 20% de Arcilla Cocida	0.558	27
Hormigón con 20% de Arcilla Cocida	0.558	34
Hormigón con 20% de Arcilla Cocida	0.558	35
Hormigón con 25% de Arcilla Cocida	0.558	38
Hormigón con 25% de Arcilla Cocida	0.558	30
Hormigón con 25% de Arcilla Cocida	0.558	34

Fuente: Elaboración propia

Se usó el programa SPSS para el análisis estadístico y regresión lineal simple. Ingresando la información de la tabla 62 al SPSS, se obtiene la tabla 63 en donde se muestra los resultados estadísticos descriptivos determinados por el programa SPSS.

Tabla N° 63: Datos Estadísticos de la Resistencia a la Tracción en 28 Días

		Resistencia de Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	a/c Efectiva
Número Diseños de Mezcla	Válidos	9	9
	Perdidos	0	0
Media		32,11	0,59833
Error Estándar de la Media		1,184	0,001302
Desviación		3,551	0,003905

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis

Se plantea la hipótesis nula ( $H_0$ ) e hipótesis alternativa ( $H_a$ ).

Hipótesis ( $H_0$ ): al determinar la relación agua/cemento no mejora las propiedades de resistencia a la tracción del hormigón estructural.

Hipótesis ( $H_a$ ): al determinar la relación agua/cemento se mejora las propiedades de resistencia a la tracción del hormigón estructural.

## Análisis de datos

La figura 87 muestra el histograma con la curva de distribución y datos estadísticos de la tabla anterior.

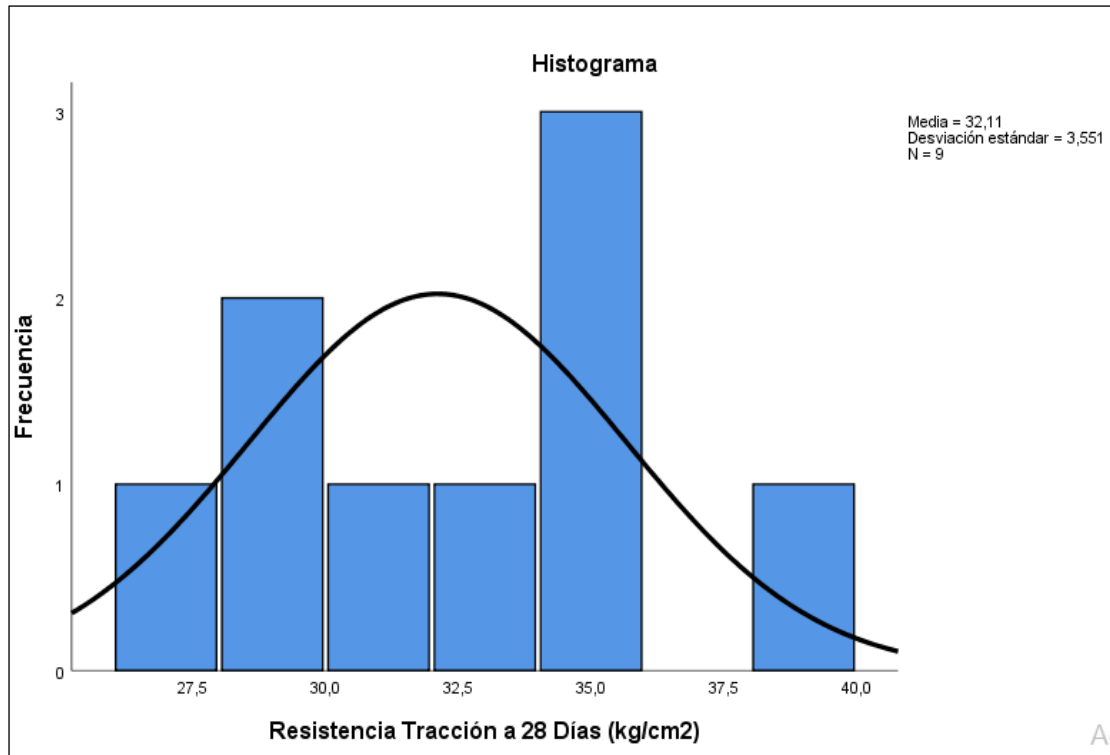


Figura N° 87: Histograma de la Resistencia a la Tracción en 28 Días

Fuente: Elaboración propia

En la figura 88 se muestra los resultados estadísticos del procesamiento de casos referente al asentamiento. En esta figura se puede apreciar el resumen del procesamiento de casos con referente a la resistencia a la tracción, del mismo modo se establece el intervalo de confianza de 95%.

### Resumen de procesamiento de casos

	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Resistencia Tracción a 28 Días (kg/cm <sup>2</sup> )	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%

### Descriptivos

		Estadístico	Error estándar	
Resistencia Tracción a 28 Días (kg/cm <sup>2</sup> )	Media	32,11	1,184	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	29,38	
		Límite superior	34,84	
	Media recortada al 5%	32,07		
	Mediana	33,00		
	Varianza	12,611		
	Desviación estándar	3,551		
	Mínimo	27		
	Máximo	38		
	Rango	11		
	Rango intercuartil	6		
	Asimetría	,141	,717	
	Curtosis	-,886	1,400	

Figura N° 88: Resumen del Procesamiento de Casos – Tracción

Fuente: Elaboración propia

La tabla 64 muestra los coeficientes referidos a la Tracción.

Tabla N° 64: Coeficientes con Referencia a la Tracción

Coeficientes*						
Modelo		Coeficientes no Estandarizados		Coeficientes Estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	Constante	-211,473	183,898		-1,150	0,288
	a/c Efectiva	407,104	307,345	0,447	1,325	0,227

Fuente: Elaboración propia.

\* es la variable dependiente: resistencia a la tracción a 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

La relación matemática determinística más simple entre dos variables x y y es una relación lineal  $y = \beta_0 + \beta_1 x$ . El conjunto de pares (x, y) para los cuales  $y = \beta_0 + \beta_1 x$  determina una línea recta con pendiente  $\beta_1$  e intersección en y  $\beta_0$ . El objetivo de esta sección es desarrollar un modelo probabilístico lineal. (Devore, 2008, p. 447)

$$y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (a)$$

$\beta_1$ : pendiente

$\beta_0$ : intersección con el eje Y

x: intersección con el eje de la ordenada

y: resistencia a la tracción

Usando los valores de la tabla 64 y reemplazando en la ecuación (a) se obtiene lo siguiente:

$$y = 407,104x - 211,473$$

Con esta figura 89, se puede observar la recta y su ecuación igual que la prevista con los datos de la tabla 64. En esta figura se observa la gráfica de la recta de regresión lineal simple con pendiente positiva y el  $R^2$  con valor de 0,20.

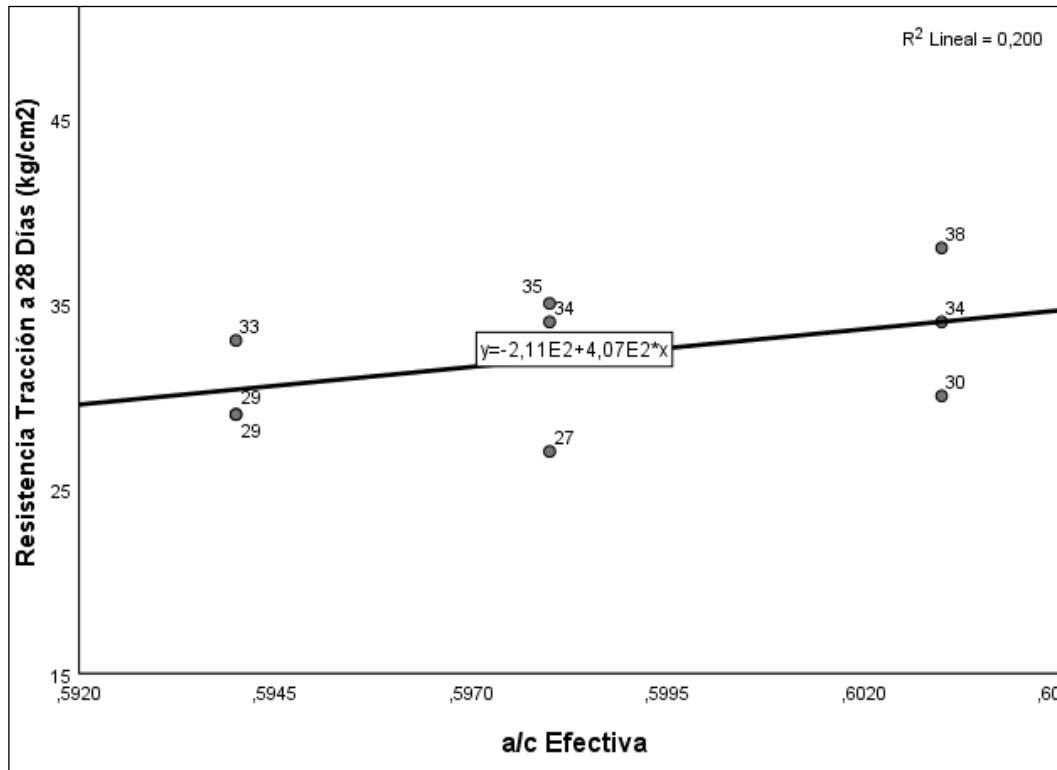


Figura Nº 89: Recta de Regresión Lineal de Tracción

Fuente: Elaboración propia

### Coefficiente de determinación múltiple ( $R^2$ )

El coeficiente de determinación, denotado por  $R^2$  está dado por

$$R^2 = 1 - \frac{SCE}{STC}$$

Esta relación “se interpreta como la proporción de variación y observada que puede ser explicada por el modelo de regresión lineal simple (atribuida a una relación lineal aproximada entre y y x)” (Devore, 2008, p. 463).

SCE es la suma de desviaciones cuadráticas en torno a la línea de mínimos cuadrados; STC es la suma de desviaciones al cuadrado en torno a la línea horizontal. La razón SCE/STC es la proporción de variación total que no puede

ser explicada por el modelo de regresión lineal simple y  $1 - \text{SCE}/\text{STC}$  (un número entre 0 y 1) es la proporción de variación de y observada y explicada por el modelo. (Devore, 2008, p.463)

En la tabla 65 se puede ver datos del resumen del modelo de resistencia a la tracción, el valor del  $R^2$  es de importancia ya que con ello se puede verificar que tan acertado es el diseño de regresión lineal simple.

Tabla N° 65: Coeficiente de Determinación  $R^2$  de la tracción

<b>Resumen de Modelo</b>				
Modelo	R	$R^2$	$R^2$ Ajustado	Error Estimación
1	0,448*	0,200	0,086	3,395

Fuente: En esta tabla se muestra el valor del coeficiente de determinación. Elaboración propia.

\*: predictores: (constante), a/c efectiva

#### Análisis de varianza (Anova):

“El análisis de la varianza, o más brevemente, ANOVA, se refiere en general a un conjunto de situaciones experimentales y procedimientos estadísticos para el análisis de respuestas cuantitativas de unidades experimentales” (Devore, 2008, p. 369).

Con el programa SPSS se realizó el análisis de la varianza. En la tabla 66 se puede ver los valores obtenidos. Esta tabla muestra los resultados del análisis de la varianza (ANOVA).

Tabla N° 66: Análisis de Varianza del Ensayo de Tracción

Anova*						
Modelo		Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	20,219	1	20,219	1,755	0,227**
	Residuo	80,669	7	11,524		
	Total	100,889	8			

Fuente: Elaboración propia

\* variable dependiente: resistencia de tracción a los 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

\*\* predictores: constante, a/c efectiva.

El coeficiente de determinación se escribe en una forma un poco diferente al introducir una tercera suma de cuadrados, suma de cuadrados debido a la regresión, SCR dada por  $SCR = STC - SCE$ . La suma de cuadrados debido a la regresión se interpreta como la cantidad de variación total que es explicada por el modelo. (Devore, 2008, p. 464)

En tal caso se tiene:

$$R^2 = 1 - SCE/STC = (STC - SCE) / STC = SCR/STC \quad (b)$$

SCR: suma de cuadrados debido a la regresión

STC: suma de cuadrados totales

Reemplazando los valores de la tabla 66 en (b), se obtiene el  $R^2$

$$R^2 = SCR/STC = \frac{SCR}{STC} = \frac{20,219}{100,889}$$

$$R^2 = 0.2$$



El valor obtenido del  $R^2 = 0.2$

Mientras más alto es el valor de  $R^2$ , más exitoso es el modelo de regresión lineal simple al explicar la variación de  $y$ . Cuando se realiza un análisis de regresión mediante un programa de cómputo estadístico,  $R^2$  o  $100 R^2$  (el porcentaje de variación explicado por el modelo) es una parte prominente de los resultados. Si  $R^2$  es pequeño, un analista normalmente deseará buscar un modelo alternativo (como un modelo no lineal o un modelo de regresión múltiple que implique más de una sola variable independiente) que explique con más eficacia la variación de  $y$ . (Devore, 2008, p.463)

Este valor obtenido indica que hubo un 20% de éxito con el modelo de regresión lineal simple.

La figura 90 muestra un gráfico de barras de la resistencia a la tracción, esta figura muestra los resultados del ensayo a tracción de todos los 4 tipos de mezcla.

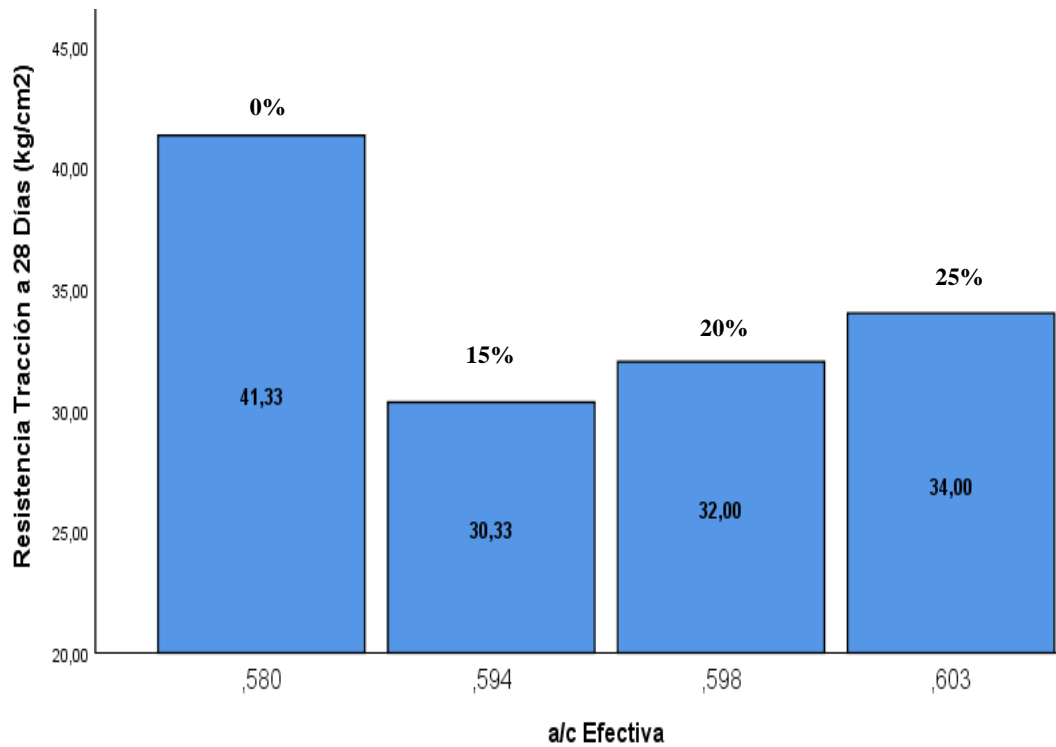


Figura N° 90: Gráfico de Barras de la Resistencia a la Tracción vs a/c Efectiva

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los valores obtenidos, usando el gráfico de barras y gráfico de regresión lineal de la compresión a la tracción, se puede apreciar que la recta de la figura 89 tiene pendiente positiva (tendencia ascendente). El intervalo de confianza es de 95%, el valor de la significancia obtenido fue de 0.227, por lo que al ser éste un valor mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Esto significa que al determinar la relación agua/cemento no mejora las propiedades de resistencia a la tracción del hormigón estructural con adición de arcilla cocida, esto se puede notar claramente en la figura 90 de gráfico de barras en donde se compara todos los 4 tipos de mezclas realizadas.

### Análisis estadístico de resistencia a la flexión:

Para realizar el análisis estadístico se utilizó los resultados obtenidos del ensayo de flexión a los 28 días de acuerdo a la tabla 67. Esta tabla muestra 12 valores como resultado del ensayo por flexión a los 28 días.

Tabla N° 67: Valores Obtenidos del Ensayo de Flexión a los 28 Días

<b>Resistencia a la Flexión</b>		
Tipo de Diseño de Mezcla	a/c diseño	Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
Descripción		28 días
Hormigón Patrón	0.558	44
Hormigón Patrón	0.558	44
Hormigón Patrón	0.558	50
Hormigón con 15 % de Arcilla Cocida	0.558	38
Hormigón con 15 % de Arcilla Cocida	0.558	40
Hormigón con 15 % de Arcilla Cocida	0.558	33
Hormigón con 20% de Arcilla Cocida	0.558	41
Hormigón con 20% de Arcilla Cocida	0.558	43
Hormigón con 20% de Arcilla Cocida	0.558	38
Hormigón con 25% de Arcilla Cocida	0.558	40
Hormigón con 25% de Arcilla Cocida	0.558	50
Hormigón con 25% de Arcilla Cocida	0.558	50

Fuente: Elaboración propia

Se usó el programa SPSS para el análisis estadístico, regresión lineal simple y gráfico de barras. Ingresando la información de la tabla anterior al SPSS, la tabla 68 muestra los resultados estadísticos descriptivos determinados por el programa SPSS para todos los diseños con adición de arcilla cocida.

Tabla N° 68: Datos Estadísticos de la Resistencia a la Flexión en 28 Días

		Resistencia de Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	a/c Efectiva
Número Diseños de Mezcla	Válidos	9	9
	Perdidos	0	0
Media		41,44	0,59833
Error Estándar de la Media		1,857	0,001302
Desviación		5,570	0,003905

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis

Se plantea la hipótesis nula ( $H_0$ ) e hipótesis alternativa ( $H_a$ ).

Hipótesis ( $H_0$ ): al determinar la relación agua/cemento no mejora las propiedades de resistencia a la flexión del hormigón estructural.

Hipótesis ( $H_a$ ): al determinar la relación agua/cemento se mejora las propiedades de resistencia a la flexión del hormigón estructural.

## Análisis de datos

La figura 91 muestra el histograma con la curva de distribución y datos estadísticos de la tabla anterior.

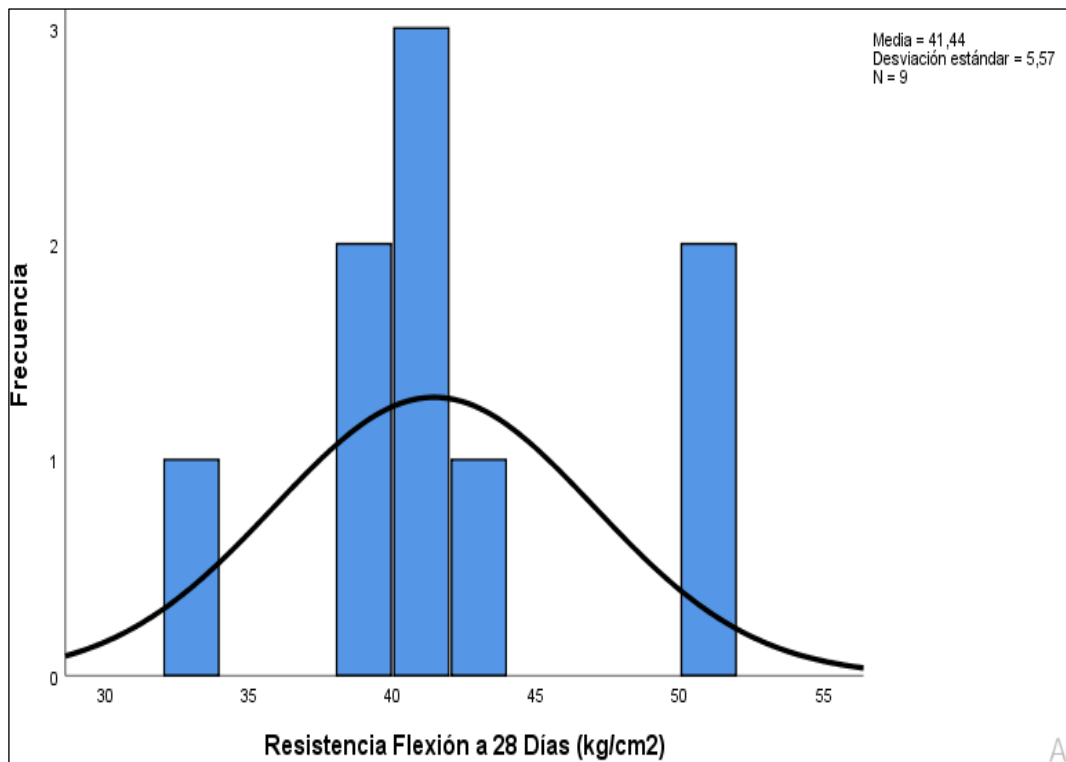


Figura N° 91: Histograma de la Resistencia a la Flexión en 28 Días

Fuente: Elaboración propia

En la figura 92 se muestra los resultados estadísticos del procesamiento de casos referente a la flexión. En esta figura se puede apreciar el resumen del procesamiento de casos con referente a la resistencia a la flexión, del mismo modo se establece el intervalo de confianza de 95%.

### Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Resistencia Flexión a 28 Días (kg/cm2)	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%

### Descriptivos

		Estadístico	Error estándar	
Resistencia Flexión a 28 Días (kg/cm2)	Media	41,44	1,857	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	37,16	
		Límite superior	45,73	
	Media recortada al 5%	41,44		
	Mediana	40,00		
	Varianza	31,028		
	Desviación estándar	5,570		
	Mínimo	33		
	Máximo	50		
	Rango	17		
	Rango intercuartil	9		
	Asimetría	,527	,717	
	Curtosis	-,093	1,400	

Figura N° 92: Resumen del Procesamiento de Casos – Flexión

Fuente: Elaboración propia

La tabla 69 muestra los coeficientes referidos a la Flexión

Tabla N° 69: Coeficientes con Referencia a la Flexión

Coeficientes*						
Modelo		Coeficientes no Estandarizados		Coeficientes Estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	Constante	-604,298	210,925		-2,865	0,024
	a/c Efectiva	1079,235	352,513	0,757	3,062	0,018

Fuente: Elaboración propia.

\* variable dependiente: resistencia a la flexión a 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

La relación matemática determinística más simple entre dos variables x y y es una relación lineal  $y = \beta_0 + \beta_1 x$ . El conjunto de pares (x, y) para los cuales  $y = \beta_0 + \beta_1 x$  determina una línea recta con pendiente  $\beta_1$  e intersección en y  $\beta_0$ . El objetivo de esta sección es desarrollar un modelo probabilístico lineal. (Devore, 2008, p.447)

$$y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (a)$$

$\beta_1$ : pendiente

$\beta_0$ : intersección con el eje Y

x: intersección con el eje de la ordenada

y: resistencia a la flexión

Usando los valores de la tabla anterior y reemplazando en la ecuación (a) se obtiene lo siguiente:

$$y = -604,298 + 1079,235x$$

En la figura 93, se puede observar la recta y su ecuación igual que la prevista con la tabla 69. En esta figura se observa la gráfica de la recta de regresión lineal simple con pendiente positiva y el R2 con valor de 0,572.

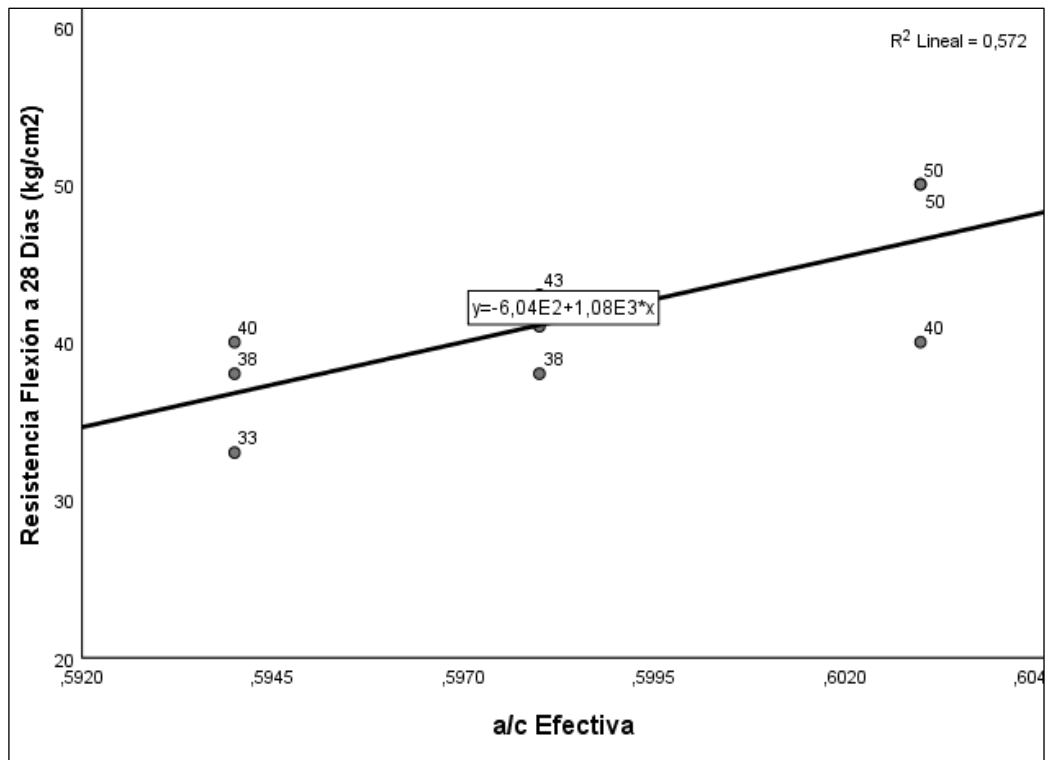


Figura N° 93: Recta de Regresión Lineal de Flexión

Fuente: Elaboración propia

### Coeficiente de determinación múltiple ( $R^2$ )

El coeficiente de determinación, denotado por  $R^2$  está dado por

$$R^2 = 1 - \frac{SCE}{STC}$$

Esta relación “se interpreta como la proporción de variación y observada que puede ser explicada por el modelo de regresión lineal simple (atribuida a una relación lineal aproximada entre y y x)” (Devore, 2008, p. 463).

SCE es la suma de desviaciones cuadráticas en torno a la línea de mínimos cuadrados; STC es la suma de desviaciones al cuadrado en torno a la línea horizontal. La razón SCE/STC es la proporción de variación total que no puede



ser explicada por el modelo de regresión lineal simple y  $1 - \text{SCE}/\text{STC}$  (un número entre 0 y 1) es la proporción de variación de y observada y explicada por el modelo. (Devore, 2008, p. 463)

En la tabla 70 se puede ver datos del resumen del modelo de resistencia a la flexión, el valor del  $R^2$  es de importancia ya que con ello se puede verificar que tan acertado es el diseño de regresión lineal simple.

Tabla N° 70: Coeficiente de Determinación  $R^2$  de la Flexión

<b>Resumen de Modelo*</b>				
Modelo	R	$R^2$	$R^2$ Ajustado	Error Estimación
1	0,757*	0,572	0,511	3,894

Fuente: En esta tabla se muestra el valor del coeficiente de determinación. Elaboración propia.

\* predictores: (constante), a/c efectiva

#### Análisis de varianza (Anova):

“El análisis de la varianza, o más brevemente, ANOVA, se refiere en general a un conjunto de situaciones experimentales y procedimientos estadísticos para el análisis de respuestas cuantitativas de unidades experimentales” (Devore, 2008, p. 369).

Con el programa SPSS se realizó el análisis de la varianza. En la tabla 71 se puede ver los valores obtenidos.

Tabla N° 71: Análisis de Varianza del Ensayo de Flexión

Anova*						
Modelo		Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	142,099	1	142,099	9,373	0,018**
	Residuo	106,123	7	15,160		
	Total	248,222	8			

Fuente: Esta tabla muestra los resultados del análisis de la varianza (ANOVA). Elaboración propia

\* variable dependiente: resistencia de flexión a los 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

\*\* predictores: constante, a/c efectiva.

El coeficiente de determinación se escribe en una forma un poco diferente al introducir una tercera suma de cuadrados, suma de cuadrados debido a la regresión, SCR dada por  $SCR = STC - SCE$ . La suma de cuadrados debido a la regresión se interpreta como la cantidad de variación total que es explicada por el modelo. (Devore, 2008, p.464)

En tal caso se tiene:

$$R^2 = 1 - SCE/STC = (STC - SCE) / STC = SCR/STC \quad (b)$$

SCR: suma de cuadrados debido a la regresión

STC: suma de cuadrados totales

Reemplazando los valores de la tabla 71 en (b), se obtiene el  $R^2$

$$R^2 = SCR/STC = \frac{SCR}{STC} = \frac{142,099}{248,222}$$

$$R^2 = 0.572$$

El valor obtenido del  $R^2 = 0.572$

Mientras más alto es el valor de  $R^2$ , más exitoso es el modelo de regresión lineal simple al explicar la variación de  $y$ . Cuando se realiza un análisis de regresión mediante un programa de cómputo estadístico,  $R^2$  o  $100 R^2$  (el porcentaje de variación explicado por el modelo) es una parte prominente de los resultados. Si  $R^2$  es pequeño, un analista normalmente deseará buscar un modelo alternativo (como un modelo no lineal o un modelo de regresión múltiple que implique más de una sola variable independiente) que explique con más eficacia la variación de  $y$ . (Devore, 2008, p.463)

Este valor obtenido indica que hubo un 57.2% de éxito con el modelo de regresión lineal simple.

La figura 94 muestra un gráfico de barras de la resistencia a la flexión de los 4 tipos de mezclas realizadas.

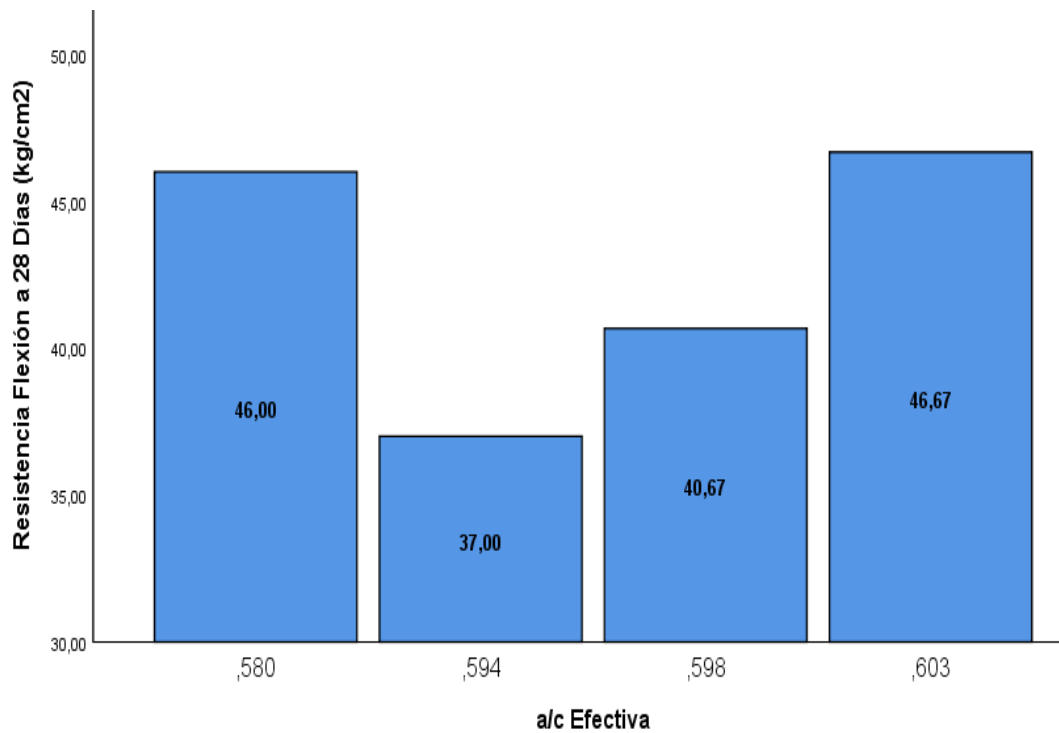


Figura N° 94: Gráfico de Barras de la Resistencia a la Flexión vs a/c Efectiva

*Activ:*

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los valores obtenidos, usando el gráfico de barras y gráfico de regresión lineal de la resistencia a la flexión, se puede apreciar que la recta de la figura 93 tiene pendiente positiva (tendencia ascendente). El intervalo de confianza es de 95%, el valor de la significancia obtenido fue de 0.018, por lo que al ser éste un valor menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Esto significa que al determinar la relación agua/cemento se mejora las propiedades de resistencia a la flexión del hormigón estructural, esto se puede notar claramente en la figura 95 de gráfico de barras en donde se compara todos los 4 tipos de mezclas realizadas.

En la figura 95 se puede apreciar la resistencia axial, tracción y flexión a 28 días vs las 4 mezclas (patrón, 15%, 20% y 25% con arcilla cocida).

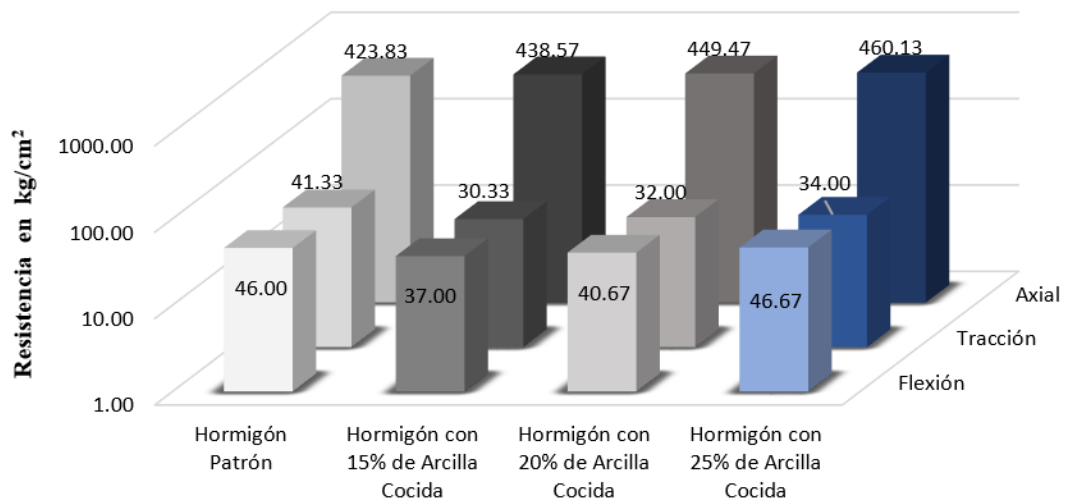


Figura N° 95: Gráfico Resistencia Mecánica (kg/cm<sup>2</sup>) a 28 días vs Mezclas

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7 Resultados de la investigación

La tabla 72 presenta los resultados del ensayo de asentamiento en concreto fresco; resultados del ensayo de compresión axial, tracción y flexión a los 7, 14 y 28 días; el modelo de tabla de resultados fue adaptado de “Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica”, por Chavarry et al., 2020.

Tabla N° 72: Resultados de Asentamiento, Resistencia Axial, Tracción y Flexión

Objetivos Específicos	Indicador	Identificación				
Determinar el porcentaje de arcilla cocida como agregado fino para mejorar el asentamiento del hormigón estructural	• Asentamiento del hormigón estructural.	Asentamiento (cm)				
		Descripción	Diseño Patrón	% Arcilla Cocida		
				15%	20%	25%
		Slump	11.6	10.8	9.5	8.0
		Compresión Axial (kg/cm <sup>2</sup> )				
		Edad (días)	Diseño Patrón	% Arcilla Cocida		
				15%	20%	25%
		7	340.33	313.50	322.70	317.10
		14	366.80	373.87	383.13	379.63
		28	423.83	438.57	449.47	460.13
Determinar la relación agua/cemento para mejorar la resistencia del hormigón estructural	• Resistencia del hormigón estructural.	Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )				
		Edad (días)	Diseño Patrón	% Arcilla Cocida		
				15%	20%	25%
		7	33.67	27.33	29.67	30.00
		14	36.33	30.00	31.33	32.67
		28	41.33	30.33	32.00	34.00
		Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )				
		Edad (días)	Diseño Patrón	% Arcilla Cocida		
				15%	20%	25%
		7	36.33	32.67	33.33	34.67
14	41.33	36.00	36.67	37.00		
28	46.00	37.00	40.67	46.67		
Objetivo General	Indicador	Identificación				
Diseñar una mezcla con arcilla cocida como agregado fino para mejorar las propiedades físico – mecánicas del hormigón estructural	• Porcentaje de arcilla cocida como agregado fino	Se diseñó mezclas con distintas dosificaciones de arcilla cocida molida para mejorar la resistencia mecánica del hormigón adoptando 4 tipos de mezclas, la primera es el hormigón patrón sin adición de arcilla, y las otras 3 con arcilla cocida molida (15%, 20% y 20% en relación al volumen del agregado fino) con edades de 7, 14 y 28 días, con un diseño de hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , que se ensayaron a compresión, flexión y tracción.				
	• Relación a/c					

Fuente: Elaboración propia

## 4.8 Interpretación de resultados (Tabla 72)

### 4.8.1 Resultados del asentamiento

De los resultados del ensayo de asentamiento, a mayor adición de arcilla cocida molida (25%) se reduce el asentamiento a diferencia de las mezclas con menor adición (15% y 20%) debido a la capacidad de absorción de la arcilla que reduce el asentamiento y se ve reflejado en los resultados.

### 4.8.2 Resultados de la resistencia mecánica del hormigón

Los resultados del ensayo de compresión axial muestran que a medida que se adiciona mayor porcentaje de arcilla cocida molida (25%) aumenta la resistencia del hormigón a comparación de los menores porcentajes (15% y 20), siendo la coloración marrón de este hormigón ( $f'c=317.10 \text{ kg/cm}^2$  a  $f'c=460.13 \text{ kg/cm}^2$ ). Los resultados del ensayo de tracción la arcilla cocida molida ( $f'c=30.00 \text{ kg/cm}^2$  a  $f'c=34.00 \text{ kg/cm}^2$ ) a mayor proporción (25%) aumenta la resistencia del diseño con respecto a menores proporciones (15% y 20%). Los resultados de los ensayos a flexión, la arcilla cocida molida ( $f'c=34.67 \text{ kg/cm}^2$  a  $f'c=46.67 \text{ kg/cm}^2$ ) a mayor proporción (25%) aumenta la resistencia de diseño con respecto a la menor proporción (15% y 20%) siendo la coloración marrón más adherente cuando es sometido a flexión.

## 4.9 Discusión de resultados

### 4.9.1 Discusiones

Pérez (2012), sustituye agregado natural por adiciones de arcilla cocida en proporciones (0%, 10%, 20% y 30%) con una relación  $a/c = 0.5$ , en el ensayo de asentamiento obteniendo 7.4 cm para la mezcla patrón y a medida que se le adicionaba arcilla cocida el asentamiento se reducía en 0%, 1%, 2% y 3% (p. 5). Kasi (2016), sustituye agregado natural por adiciones de arcilla cocida en proporciones (25%, 50%, 75% y 100%) con asentamientos de 2.8 cm, 2.5cm, 1.7 cm y 1.0 cm; obteniendo como resultado una reducción de 10.71%, 39.25%, 64.28% y 78.57% respectivamente en comparación con el asentamiento original, la trabajabilidad del hormigón en reemplazos más altos de arcilla cocida puede atribuirse a la mayor absorción de agua (p. 2). En esta tesis se midió el asentamiento de la mezcla patrón obteniendo 11.6 cm, y al

adicionar arcilla (15%, 20% y 25) se obtuvo los siguientes resultados: 10.8 cm, 9.5 cm y 8.0 cm, mostrando una reducción aproximada de 7%, 18% y 31% respectivamente.

Ge et al. (2012), ensaya a los 28 días haciendo pruebas de compresión axial arrojando uno de sus ensayos el valor más alto con los siguientes resultados  $f'c = 590.42 \text{ kg/cm}^2$  con una relación a/c de 0.26 y adición de arcilla cocida en polvo (33%), y fueron decreciendo a medida que se aumentaba la relación a/c de 0,26 a 0.32, la resistencia a la compresión de 7 y 28 días se reduce 32.8% y 29,9%, respectivamente (pp. 1 - 3). En esta tesis el hormigón con adición de arcilla cocida a la edad de 28 días obtuvo una resistencia a la compresión de 8.6% mayor con respecto a la mezcla patrón cuando se le incorporó el 25% de arcilla cocida, cuando se le disminuye el porcentaje de adición de 20% a 15%, la resistencia a la compresión sigue siendo mayor en 6% y 3.5% con respecto a la mezcla patrón. El uso de arcilla cocida molida en ensayos a tracción a 28 días presenta reducción en 1%, 5% y 10% para adiciones (25%, 20% y 15%) en comparación del hormigón patrón. Ssein y Zayia (2017), la resistencia a la flexión del hormigón con agregado de ladrillo triturado es aproximadamente el 70% del hormigón con agregado natural. Esto significa que el rendimiento del hormigón producido con arcilla triturada reciclada es mejor en flexión. La mayor tasa de desarrollo de resistencia entre 28 y 90 días del concreto que contiene arcilla reciclada molida se atribuye a la reacción puzolánica causada por el contenido de sílice y alúmina de la arcilla cocida y el producto de la hidratación del cemento (es decir, Portlandita) (pp. 7 - 8). Khatib (2005), con respecto a la presente investigación hay un aumento de la resistencia a flexión con respecto a la mezcla patrón al incorporar el 25% de arcilla cocida en 1.5% (p. 3). En la investigación realizada por Pérez (2012), demuestra que el concreto reciclado puede ser utilizado como cualquier otro concreto convencional, siempre y cuando el porcentaje de agregado triturado de ladrillo reciclado no exceda el 30% y siempre que se desee emplear concreto elaborado con agregado triturado de ladrillo como sustituto parcial del agregado natural es necesario realizar los análisis respectivos debido a que las propiedades del ladrillo varían según la calidad y origen (pp. 1 - 10). Chen, Zhang, Wei y Yu-chun (2017), de acuerdo a su estudio de investigación usando arcilla reciclada en reemplazo (20%, 20%, 25%, 30 %, 35%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%,



100%), comprueba que con la incorporación del 20% al 35%, este rango podría mejorar enormemente la resistencia del hormigón (pp. 1 - 4). Rosas (2018), coincide en su investigación que el porcentaje máximo de reemplazo de arcilla cocida triturada debe ser un máximo de 30% (p. 70).

## CONCLUSIONES

1. Se realizó el diseño de mezcla con adiciones de arcilla cocida para el hormigón estructural, demostrando que con 25% de arcilla cocida en remplazo del agregado fino se mejora el comportamiento tanto en la resistencia Axial (8.6% por encima de la muestra patrón), como en la resistencia a flexión (1.5% por encima de la muestra patrón), pero en el asentamiento del hormigón no se logra un buen comportamiento ya que este decae un 31% con respecto al hormigón patrón. Se concluye que es recomendable el uso de la arcilla cocida para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón (axial y flexión) y usar algún tipo de aditivo para mejorar el asentamiento.
2. Se determinó 3 porcentajes de arcilla cocida como adición en el hormigón, del cual se concluye que todas las mezclas con arcilla cocida no lograron mejorar el asentamiento porque a medida que se le adiciona mayor porcentaje de arcilla cocida, este se reduce según lo siguiente: adicionando 15% de arcilla cocida se reduce 7% y al adicionar 25% de arcilla cocida se reduce 35% con respecto al asentamiento de la mezcla al patrón.
3. Al determinar la relación agua/cemento efectiva adecuada para la resistencia a la compresión de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , la mezcla patrón (a/c efectiva 0.580) obtiene una resistencia de  $423.83 \text{ kg/cm}^2$ , y añadiéndole el 15% de arcilla cocida (a/c efectiva 0.594), 20% de adición de arcilla cocida (a/c efectiva 0.598) y 25% de arcilla cocida (a/c efectiva 0.603) se obtienen resistencia de  $438.57 \text{ kg/cm}^2$ ,  $449.47 \text{ kg/cm}^2$  y  $460.13 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, por lo que se concluye que la mejor relación a/c efectiva fue de 0.603, ya que se obtuvo mayor resistencia a la compresión en comparación de todas las mezclas. Por otro lado, el ensayo a la tracción  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , la mezcla patrón obtiene una resistencia  $41.33 \text{ kg/cm}^2$  y adicionándole arcilla cocida en 15% (a/c efectivo 0.594), 20% (a/c efectivo 0.598) y 25% (a/c efectivo 0.603) se obtienen resistencias de:  $30.33 \text{ kg/cm}^2$ ,  $32.00 \text{ kg/cm}^2$  y  $34.00 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, la mezcla patrón con a/c efectiva 0.580 fue la más adecuada por presentar mayor resistencia a la tracción. Para una resistencia de flexión de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , la mezcla patrón obtiene  $46 \text{ kg/cm}^2$  y al adicionar arcilla cocida en 15% (a/c efectivo 0.594), 20% (a/c efectivo 0.598) y 25% (a/c efectivo 0.603) de arcilla cocida se obtiene resistencias de:  $37.00 \text{ kg/cm}^2$ ,  $40.67 \text{ kg/cm}^2$  y  $46.67 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, de acuerdo a estos resultados la relación a/c efectiva 0.603 mejoró la resistencia a la flexión.

## RECOMENDACIONES

1. Promover la investigación y aplicación del diseño de hormigón con adición de arcilla cocida en porcentajes mayores a 25% a edades de 28 días y 56 días, de tal manera verificar si la resistencia mecánica sigue en aumento o empieza a perder resistencia.
2. Para mantener la trabajabilidad del hormigón, se recomienda usar aditivo plastificante ya que se comprobó que a mayor adición de arcilla cocida en reemplazo del agregado fino se reduce el asentamiento.
3. Se recomienda usar ladrillos de arcilla cocida provenientes de diversas marcas con el fin de corroborar si mejora las propiedades mecánicas, se mantiene, reduce o aumenta, ya que la presente investigación usó ladrillos pirámide de 18 huecos.
4. Es recomendable realizar el ensayo de contenido de aire y peso unitario con la finalidad de saber que tan poroso es el hormigón usando adiciones de arcilla cocida, a su vez conocer si se reduce el peso en comparación del hormigón convencional. Se sugiere evaluar si el incremento de costo ( $2.64\% = S/. 13.75$ ) por metro cúbico usando arcilla cocida, compensa la resistencia ganada en compresión axial y flexión ya que en dichos ensayos se superó al hormigón patrón en 8.6% y 1.5%.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (1998). *Segregación de Hormigón*. Lima, Perú: San Marcos.
- ASOCEM (2013). *Léxico básico*. Lima, Perú.
- ASTM (2014). *C-128, Método de ensayo normalizado para determinar densidad, densidad relativa (peso específico) y la absorción de los aridos finos*. EE.UU. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/225951276/ASTM-C-128>
- ASTM (2017). *Método de prueba estándar para determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de especímenes cilíndricos de hormigón*. EE.UU. Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/C496C496M-SP.htm>
- Bektas, F. (2007). *Use of ground clay brick as a supplementary cementitious material in concrete -hydration characteristics, mechanical properties, and ASR durability (Tesis de maestría)*, Iowa State University, Ames - EE.UU. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/38921833.pdf>
- Bin, M. (2014). *The potential of brick waste as fine aggregate replacement in concrete production*. Pahang, Malasia: Perpustakaan UMP. Recuperado de <http://umpir.ump.edu.my/id/eprint/10452/1/MUHAMMAD%20SAUFI%20BIN%20ISHAK.PDF>
- Catanzaro, G., y Zapana, O. (2019). *Diseño y evaluación de concreto estructural de  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> elaborado con aguas residuales domésticas tratadas* (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima - Perú: Repositorio Académico UPC. Recuperado de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626354/Catanzaro\\_MG.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626354/Catanzaro_MG.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Cementos Inka (2018). *Tiempo de Fraguado*. Lima, Perú: Blog Cementos Inka. Recuperado de <http://www.cementosinka.com.pe/blog/cuanto-tarda-en-fraguar-el-cemento-en-la-construccion/>
- Chavarry, C., Chavarría, L., Arieta, J., Pereyra, E., y Rengifo, C. (2020). *Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica*. Lima, Perú: Pro Sciences. Recuperaado de <http://journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/230/320>
- Conocc, J. (2018). *Viabilidad del uso de agregado reciclado para la elaboracion de concreto de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> proveniente de la trituracion de probetas de laboratorio en la molina* (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte,

- Lima - Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/1388/browse?type=author&value=Conocc+Alejos%2C+Julio+Cesar>
- Danga, J., & Zhao, J. (2019). *Influence of waste clay bricks as fine aggregate on the mechanical and microstructural properties of concrete*. *Construction and Building Materials*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819321750>
- Debied, F., & Kenai, S. (2008). *The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete*. *ScienceDirect*. Recuperado de [https://www.academia.edu/23710315/The\\_use\\_of\\_coarse\\_and\\_fine\\_crushed\\_bricks\\_as\\_aggregate\\_in\\_concrete](https://www.academia.edu/23710315/The_use_of_coarse_and_fine_crushed_bricks_as_aggregate_in_concrete)
- Devore, J. (2008). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*.
- García, M. (2018). *Metodología para determinar la resistencia a edades tempranas del concreto en placas macizas usando el adición de temperatura* (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/383>
- Gastañaga, W., & Pascacio, J. (2018). *Gestión de residuos de concreto y ladrillo en la construcción de edificios* (Tesis de Maestría). Universidad Tecnológica del Perú, Lima - Perú. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/2184?mode=full>
- Ge, Z., Gao, Z., Renjuan, S., & Zheng, L. (2012). *Mix design of concrete with recycled clay-brick-powder using the orthogonal*. *Elsevier Ltd*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061812000104>
- Gutiérrez, D. (2003). *El concreto y otros materiales*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Huerta, C. (2016). *Ensayo a la tracción por compresión diametral de Probetas de Concreto*. *Ingeniería y Construcción: Civilgeeks*. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2016/01/02/ensayo-a-la-traccion-por-compresion-diametral-de-probetas-de-concreto/>
- IMCYC (2004). *Conceptos básicos del concreto*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/mariacallelarosa/concreto-33534745>
- Inacal (2012). *NTP 039.078, Ensayo de Flexión*. Lima, Perú. Recuperado de [https://kupdf.net/download/ntp-339078-ensayo-de-flexionpdf\\_5bc7cd13e2b6f5c848d97b35\\_pdf](https://kupdf.net/download/ntp-339078-ensayo-de-flexionpdf_5bc7cd13e2b6f5c848d97b35_pdf)
- Inacal (2012). *NTP 339.084 - Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una*

- probeta cilíndrica*. Lima, Perú. Recuperado de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=24787>
- Inacal (2014). *NTP 400.037, Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. Lima, Perú: INACAL.
- Inacal (2015). *NTP 339.034 - Método para determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima, Perú. Recuperado de <https://es.slideshare.net/ERICKSA2/ntp-339034-2008>
- Inacal (2015). *NTP 339.047 - Definiciones agua/cemento*. Lima, Perú.
- Inacal (2016). *NTP 331.017 - Elementos de Arcilla Cocida*. Lima, Perú. Recuperado de [https://kupdf.net/download/norma-tecnica-peruana-ladrillo\\_599f567bdc0d60785018496e\\_pdf](https://kupdf.net/download/norma-tecnica-peruana-ladrillo_599f567bdc0d60785018496e_pdf)
- Inacal (2017). *Método de Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. Lima, Perú. recuperado de [https://kupdf.net/download/ntp-339078-ensayo-de-flexionpdf\\_5bc7cd13e2b6f5c848d97b35\\_pdf](https://kupdf.net/download/ntp-339078-ensayo-de-flexionpdf_5bc7cd13e2b6f5c848d97b35_pdf)
- Inacal (2017). *NTP 334.037: Cementos. Ambientes, gabinetes y tanques de almacenamiento utilizados en los ensayos de cemento y concreto*. Lima, Perú. Recuperado de [https://www.academia.edu/11713854/NORMAS\\_PERUANAS\\_DE\\_CEMENTO](https://www.academia.edu/11713854/NORMAS_PERUANAS_DE_CEMENTO)
- Inacal (2017). *NTP 339.035 - Ensayo de Asentamiento de Cono de Abrams*. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.udocz.com/read/26386/ntp-339-035-1999-metodo-para-la-medicion-del-asentamiento-del-concreto-con-el-cono-de-abrams-1>
- Inacal (2017). *NTP 339.185, Método de contenido de humedad*. Lima, Perú. Recuperado de [https://kupdf.net/download/ntp-3391852013-agregados-metodo-contenido-de-humedad-total-evaporable-de-agregados-por-secado\\_59c03b5808bbc55813686f84\\_pdf](https://kupdf.net/download/ntp-3391852013-agregados-metodo-contenido-de-humedad-total-evaporable-de-agregados-por-secado_59c03b5808bbc55813686f84_pdf)
- Inacal (2018). *NTP 400.012, Análisis granulométrico*. Lima, Perú: Indecopi. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-de-tacna/tecnologia-del-concreto/otros/ntp400-norma-tecnica-peruana-granulometria-de-los-agregados/4659039/view>
- Inacal (2019). *NTP 400.018, método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75um (Nº 200) por lavado en agregados*. Lima, Perú. Recuperado de [https://kupdf.net/download/ntp-400018-materiales-que-pasan-la-malla-200\\_5d2f8c64e2b6f50a5b661891\\_pdf](https://kupdf.net/download/ntp-400018-materiales-que-pasan-la-malla-200_5d2f8c64e2b6f50a5b661891_pdf)

- Instituto Americano de Concreto (2015). *Hidratación del hormigón*. EE.UU: Portal Concrete, ACI. Recuperado de ACI [https://www.concrete.org/portals/0/files/PDF/CI\\_2015-05\\_SkysTheLimit\\_Spanish.pdf](https://www.concrete.org/portals/0/files/PDF/CI_2015-05_SkysTheLimit_Spanish.pdf)
- Khalaf, F., & DeVenny, A. (2005). *Properties of New and Recycled Clay Brick Aggregates for Use in Concrete*. Journal of Materials in Civil Engineering. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/245308233\\_Properties\\_of\\_New\\_and\\_Recycled\\_Clay\\_Brick\\_Aggregates\\_for\\_Use\\_in\\_Concrete](https://www.researchgate.net/publication/245308233_Properties_of_New_and_Recycled_Clay_Brick_Aggregates_for_Use_in_Concrete)
- López, R. (2006). *Cálculo de Propiedades e Inferencia Estadística*. Venezuela. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=qWwR4jP8LlgC&printsec=frontcover&dq=contrastacion+de+hip%C3%B3tesis+-+libro&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj-r86ZlsnsAhXuGLkGHf0VBREQ6AEwAHoECAYQAg#v=onepage&q&f=false>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2009). *Norma E.060, Concreto Armado*. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Moreno, L., Ospina, M., & Rodríguez, K. (2018). *Resistencia de concreto con agregado de bloque de arcilla triturado como reemplazo de agregado grueso*. Chile: *Ingeniare*. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052019000400635](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052019000400635)
- Niño, J. (2010). *Tecnología del concreto: materiales, propiedades y diseño de mezclas*. Bogotá, Colombia: ASOCRETO. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=TdY\\_MwEACAAJ&dq=ni%C3%B1o+hernandez.+jairo+ren%C3%A9&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjG94Tq2d\\_rAhXhILkGHQSRAPQQ6AEwAHoECAAQAQ](https://books.google.com.pe/books?id=TdY_MwEACAAJ&dq=ni%C3%B1o+hernandez.+jairo+ren%C3%A9&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjG94Tq2d_rAhXhILkGHQSRAPQQ6AEwAHoECAAQAQ)
- Pérez, A. (2012). *Triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto*. Colombia: Ingenium. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5038429>
- Pineda, J., & Quintero, G. (2018). *Evaluación de la adición de polvo de ladrillo en mezcla de cemento, para la producción de prefabricados de concreto en la empresa reciclados industriales de Colombia (Tesis de Pregrado)*. Universidad de América. Colombia. Recuperado de <https://repository.uamerica.edu.co/>

- Portugal, P. (2007). *Concreto de Alto Desempeño*. Junín, Perú: Imprimerie Lafayette. Recuperado de <https://es.slideshare.net/tanialuisharnandez/42540958-tecnologiadelconcretodealtodesempeno>
- Raffino, E. (2020). *Técnicas de investigación*. Argentina. Recuperado de <https://concepto.de/tecnicas-de-investigacion/>
- Rivera, G. (2013). *Concreto Simple*. Popayán, Colombia. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2013/08/28/libro-de-tecnologia-del-concreto-y-mortero-ing-gerardo-a-rivera-l/>
- Riwa, L. (1992). *Trabajabilidad del Hormigón*.
- Rosas, H. (2018). *Uso de ladrillo de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concretos hidráulicos (Tesis de Pregrado)*. Universidad de Piura. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3512>
- Ssein, G., & Zayia, Y. (2017). *Performance of concrete made with crushed clay bricks as coarse aggregate*. *Journal of University of Duhok*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/319217747\\_PERFORMANCE\\_OF\\_CONCRETE\\_MADE\\_WITH\\_CRUSHED\\_CLAY\\_BRICKS\\_AS\\_COARSE\\_AGGREGATE](https://www.researchgate.net/publication/319217747_PERFORMANCE_OF_CONCRETE_MADE_WITH_CRUSHED_CLAY_BRICKS_AS_COARSE_AGGREGATE)
- Taípe, T. (2017). *Cuadros y gráficos*. Lima, Perú. Recuperado de <https://es.slideshare.net/veronicataipe904/organizacion-de-datos-graficos-y-cuadros>
- Torre, A. (2004). *Curso Básico de Tecnología del Concreto*. Lima, Perú: Editorial Uni. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2016/07/25/curso-basico-tecnologia-del-concreto-ingenieros-civiles-ing-ana-torre-c/>
- Tufino, D. (2019). *NTP N° 339.045*. Recuperado de <https://studylib.es/doc/6189094/asentamiento.--ntp-n%C2%BA-339.045->
- Vera, I. (2018). *Diseño de un concreto liviano con poliestireno expandido para la ejecución de losas en el asentamiento humano Amauta - Ate - Lima Este 2018 (Tesis de Licenciatura)*. Universidad Ricardo Palma, Lima - Perú. Recuperado de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1636?show=full>
- Vilca, K. (2017). *Influencia del porcentaje de ladrillo reciclado como agregado fino sobre el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de un concreto elaborado con cemento Tipo MS (Tesis de Pregrado)*. Universidad Nacional de trujillo, Lima - Perú. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9564>



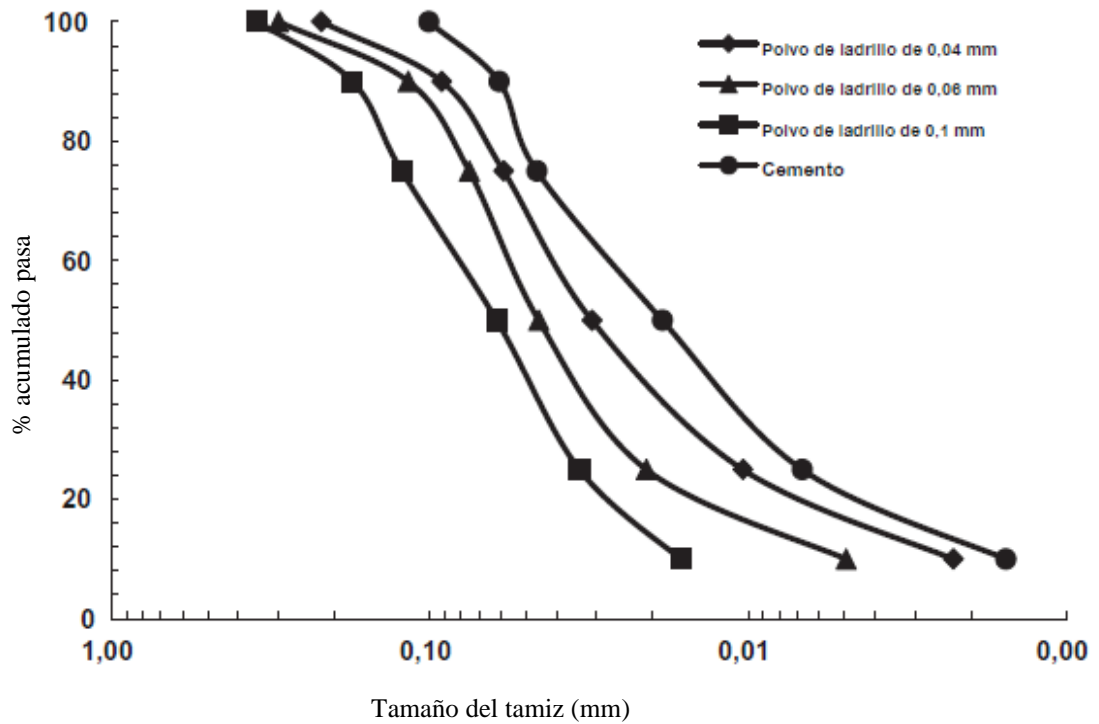
- Yang, J., Mohamed, W., Elbaz, K., Skariah, B., Xie, J., & Li, L. (2020). *Properties of concrete containing strengthened crushed brick aggregate*. Elsevier Ltd. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820306176>
- Zhang, S., He, P., & Niu, L. (2020). Mechanical properties and permeability of fiber-reinforced concrete with recycled aggregate made from waste clay brick. *Journal of Cleaner Production*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620317376>
- Zhang, W. (2017). *Characterization of properties of mortars containing clay brick aggregate* (Tesis de maestría). North Dakota State University, North Dakota, EE.UU. Recuperado de [https://library.ndsu.edu/ir/handle/10365/28355?show=full\(mortero\)](https://library.ndsu.edu/ir/handle/10365/28355?show=full(mortero))
- Zhao, Y., Gao, J., Chen, F., Liu, C., & Chen, X. (2018). *Utilization of waste clay bricks as coarse and fine aggregates for the preparation*. *Journal of Cleaner Production*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618324454>

## **ANEXOS**

## ANEXO 01 - MATRIZ DE CONSISTENCIA

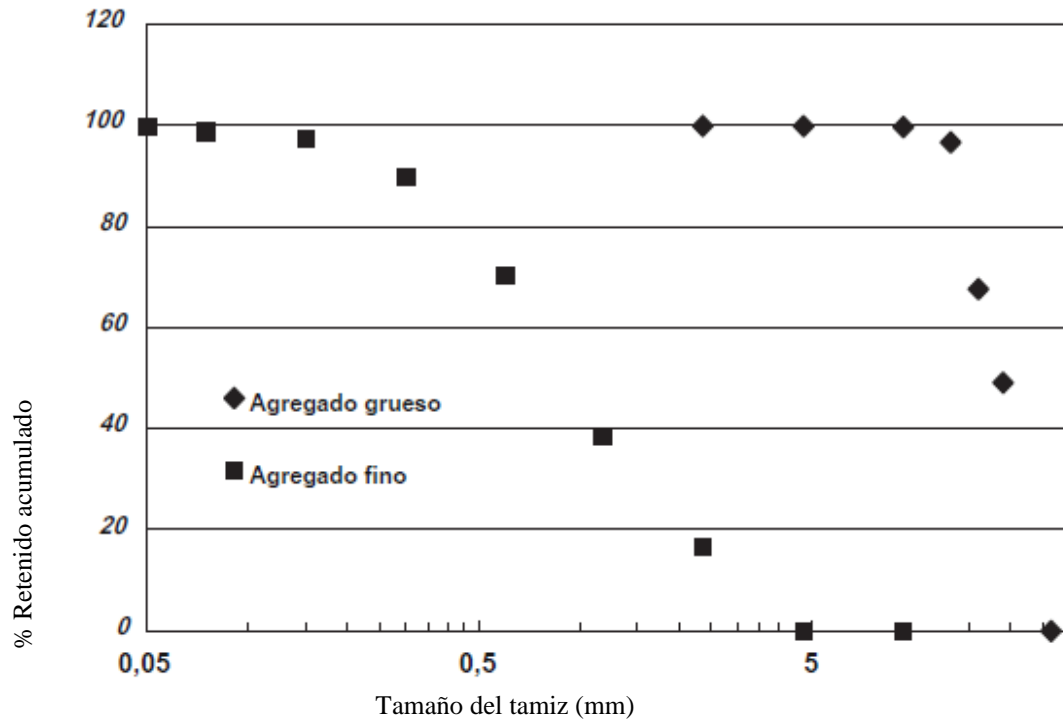
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
Problema General	Objetivo General	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índices	Instrumentos	Metodología
¿Cómo el diseño de mezcla con arcilla cocida como agregado fino influye en las propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural?	Diseñar una mezcla con arcilla cocida como agregado fino para mejorar las propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural.	Al diseñar una mezcla con arcilla cocida como agregado fino se mejoran las propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural.	<b>Variable Independiente</b>  Diseño de mezcla con arcilla cocida como agregado fino.	Porcentaje de arcilla cocida como agregado fino.	Realizar el diseño de hormigón estructural con diferentes porcentajes de arcilla cocida.	Equipos de laboratorio de ensayo de materiales	Diseño de tipo: <b>Experimental</b> , ya que se manipulan deliberadamente las variables. <b>Cuantitativa</b> , dado que se presentan los resultados en porcentajes. <b>Descriptivo</b> , ya que se establecen procedimientos adecuados según la norma para obtener la dosificación. <b>Explicativo</b> , porque se realiza el análisis indicando la causa y el efecto para especificar si hay mejora en el hormigón estructural.
				Relación a/c	Realizar cuadros y gráficos de los resultados de prueba de mezcla.	RNE E-060	
Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Indicadores	Índices	Instrumentos	
¿En qué medida el porcentaje de arcilla cocida como agregado fino influye en el asentamiento del hormigón estructural?	Determinar el porcentaje de arcilla cocida como agregado fino para mejorar el asentamiento del hormigón estructural.	Al determinar el porcentaje de arcilla cocida como agregado fino se mejora el asentamiento del hormigón estructural.	<b>Variable Dependiente</b>  Propiedades físico-mecánicas del hormigón estructural.	Asentamiento del hormigón.	Ensayo de cono de Abrams, para obtener el asentamiento. Tener en cuenta la gradación del agregado fino y del agregado grueso.	NTP 339.035 y ASTM C143. NTP 400.012 Y ASTM C117.	
¿En qué medida la relación/cemento influye en la resistencia del hormigón estructural usando adición de arcilla cocida?	Determinar la relación agua/cemento para mejorar la resistencia del hormigón estructural usando adición de arcilla cocida.	Al determinar la relación agua/cemento se mejora la resistencia del hormigón estructural usando adición de arcilla cocida.		Resistencia del hormigón.	Ensayo de resistencia a la compresión axial. Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral. Ensayo de resistencia a la flexión. Realizar cuadros y gráficos de los resultados de pruebas de la mezcla.	NTP 339.034 Y ASTM C39. NTP 339.084 Y ASTM C496. NTP 339.078 Y ASTM C78. Software Excel SPSS	

## ANEXO 02 - TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE ARCILLA Y CEMENTO



Nota. Se aprecia el porcentaje acumulado que pasa de acuerdo a los tamaños de las partículas de la arcilla en polvo y cemento. Tomado de “Mix design of concrete with recycled clay-brick-powder using the orthogonal Materials”, por Ge et al. (2012, p.2). Board.

### ANEXO 03 - GRADACIÓN DEL AGREGADO FINO Y GRUESO



Nota. Se aprecia las cantidades de porcentaje retenido acumulado del agregado grueso y fino. Tomado de “Mix design of concrete with recycled clay-brick-powder using the orthogonal Materials”, por Ge et al. (2012, p. 2). Board.

## ANEXO 04 - VARIABLES DEL EXPERIMENTO

Nivel	Variable			
	W/CM (UNA)	Proporción de arena (B) (%)	Tamaño de partícula promedio (C) (mm)	Proporción de reemplazo (D) (%)
1	0,26	31	0,04	10
2	0,28	33	0,06	20
3	0,30	35	0,1	25
4	0,32	37	0,3	30

Nota. En la tabla se muestra las cuatro variables usadas para realizar las mezclas en el ensayo experimental ortogonal. Tomado de “Mix design of concrete with recycled clay-brick-powder using the orthogonal Materials”, por Ge et al. (2012, p. 2). Board.

## ANEXO 05 - DISEÑO EXPERIMENTAL ORTOGONAL

Mezcla N°	W/CM (UNA)	Proporción de arena (B) (%)	Tamaño de partícula promedio (C) (mm)	Proporción de reemplazo (D) (%)
1	0,26	31	0,04	10
2	0,26	33	0,06	20
3	0,26	35	0,1	25
4	0,26	37	0,3	30
5	0,28	31	0,1	20
6	0,28	33	0,3	10
7	0,28	35	0,04	30
8	0,28	37	0,06	25
9	0,30	31	0,3	25
10	0,30	33	0,1	30
11	0,30	35	0,06	10
12	0,30	37	0,04	20
13	0,32	31	0,06	30
14	0,32	33	0,04	25
15	0,32	35	0,3	20
16	0,32	37	0,1	10
17	0,28	35	0	0

Nota. Esta tabla muestra las 17 mezclas usadas para el ensayo experimental ortogonal con su respectiva dosificación de variables. Tomado de “Mix design of concrete with recycled clay-brick-powder using the orthogonal Materials”, por Ge et al. (2012, p. 2). Board.

## ANEXO 06 - PORCENTAJES DE IMPUREZAS

Impurezas	Porcentaje por peso (%)
Papel	0.08
Plástico	0.11
Madera	0.12
Vidrio	0.45
Hormigón asfáltico	0.47
Metal	0.76
Cerámica	1.21
Total	3.2

Nota. Esta tabla muestra el porcentaje de impurezas que contiene la arcilla reciclada incluso hasta después de ser lavada. Tomado de “Properties of new and recycled clay brick aggregates for use in concrete”, por Khalaf y DeVenny (2005, p. 4). *American Society of Civil Engineers (ASCE)*.

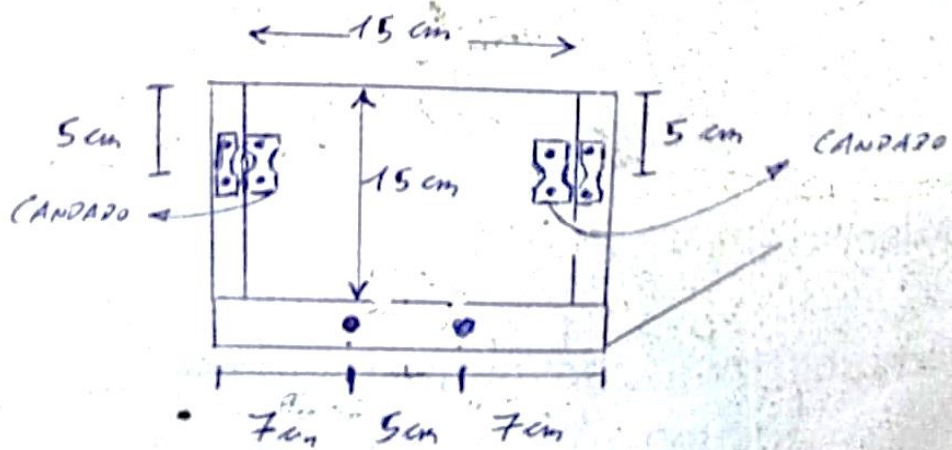
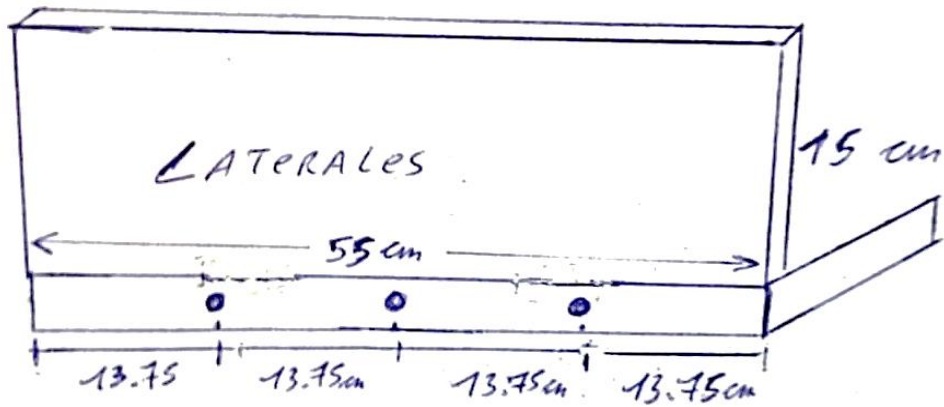
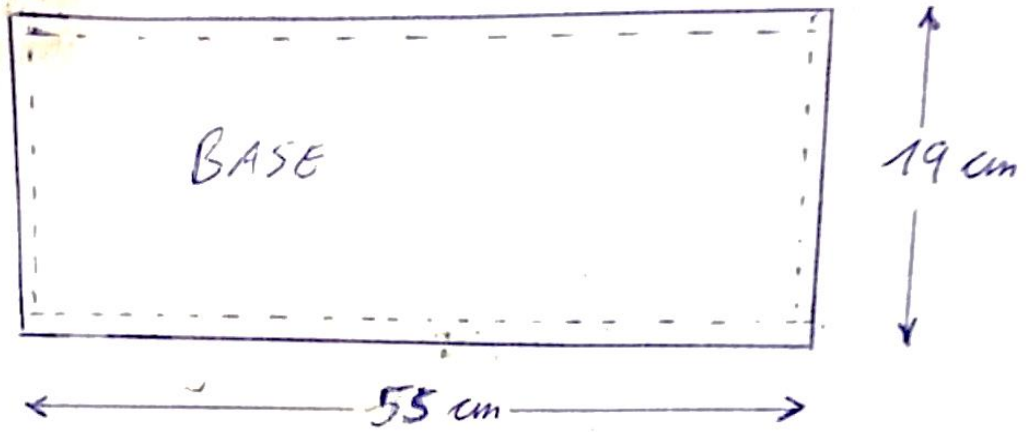


## ANEXO 07 - LÍMITES DE CLASIFICACIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Porcentaje % que Pasa Tamices Estándares Británicos para Tamaños Nominales							
Tamiz (mm)	Clasificación de Agregados (mm)			Agregado de un Solo Tamaño			
	40 - 5	20 - 5	14 - 5	40	20	14	10
50	100	-	-	100	-	-	-
37.5	90- 100	100	-	80 -100	100	-	-
20	35 - 70	90 - 100	100	0 - 25	85 -100	100	-
14	-	-	90 -100	-	-	85 -100	100
10	10 - 40	30 – 60	50 - 85	0 - 5	0 - 25	0 -50	85 - 100
5	0 - 5	0 – 10	0 - 10	-	0 - 5	0 - 10	0 -25
2.36	-	-	-	-	-	-	0 -5

Nota. Esta tabla muestra el porcentaje que pasa del agregado grueso según el tamaño nominal y de acuerdo a estándares británicos. Tomado de “Properties of new and recycled clay brick aggregates for use in concrete”, por Khalaf y DeVenny (2005, p. 2). *American Society of Civil Engineers (ASCE)*.

ANEXO 08 - DISEÑO PARA MOLDE DE VIGAS



## ANEXO 09 - PRESUPUESTO DE TESIS

Item	Descripción	Und	Cant.	Precio Unitario	Parcial	Total
1.00	Materiales					S/. 1 030.10
1.01	Piedra Chancada UNICON de 40 kg	bol	31	S/. 6.90	S/. 213.90	
1.02	Arena Gruesa UNICON de 40 kg	bol	31	S/. 6.90	S/. 213.90	
1.03	Ladrillo king kong 18 Huecos Pirámide	und	120	S/. 0.77	S/. 92.40	
1.04	Cemento Sol Tipo I	bol	17	S/. 23.00	S/. 391.00	
1.05	Madera de 8"x1"x10.5"	und	3	S/. 35.00	S/. 105.00	
1.06	cal	bol	1	S/. 13.90	S/. 13.90	
2.00	Ensayos de Laboratorio					S/. 3 180.00
2.01	Análisis granulométrico	glb	2	S/. 100.00	S/. 200.00	
2.02	Pasante malla N° 200	glb	2	S/. 50.00	S/. 100.00	
2.03	Peso específico y absorción	glb	2	S/. 100.00	S/. 200.00	
2.04	Contenido de humedad	glb	2	S/. 70.00	S/. 140.00	
2.05	Peso unitario	glb	2	S/. 100.00	S/. 200.00	
2.06	Ensayo de compresión axial	und	36	S/. 15.00	S/. 540.00	
2.07	Ensayo de compresión Diametral	und	36	S/. 15.00	S/. 540.00	
2.08	Ensayo de Flexión	und	36	S/. 35.00	S/. 1 260.00	
3.00	Equipos					S/. 700.00
3.01	Mezcladora de 9p3	glb	1	S/. 300.00	S/. 300.00	
3.02	Balanza	glb	1	S/. 50.00	S/. 50.00	
3.03	Bugui	glb	1	S/. 50.00	S/. 50.00	
3.04	Probetas de 15x30	und	6	S/. 50.00	S/. 300.00	
4.00	Extras					S/. 12 500.00
4.01	Movilidad	glb	1	S/. 500.00	S/. 500.00	
4.02	Programa de titulación por tesis	glb	2	S/. 6 000.00	S/. 12 000.00	
<b>Total</b>						<b>S/. 17 410.10</b>

## ANEXO 10 - ANÁLISIS DE COSTOS POR M3 DE HORMIGÓN

Item	Descripción	Und	Cant.	Precio Unitario	Parcial	Total
1.00	Hormigón patrón					S/. 506.90
1.01	Piedra Chancada UNICON de 40 kg	bol	19.70	S/. 6.90	S/. 135.93	
1.02	Arena Gruesa UNICON de 40 kg	bol	21.03	S/. 6.90	S/. 145.11	
1.03	Ladrillo king kong 18 Huecos Pirámide	und	0	S/. 0.77	S/. 0.00	
1.04	Cemento Sol Tipo I	bol	9.82	S/. 23.00	S/. 225.86	
2.00	Hormigón + 25% Arcilla Cocida					S/. 520.65
2.01	Piedra Chancada UNICON de 40 kg	bol	19.70	S/. 6.90	S/. 135.93	
2.02	Arena Gruesa UNICON de 40 kg	bol	15.77	S/. 6.90	S/. 108.81	
2.03	Ladrillo king kong 18 Huecos Pirámide	und	65.00	S/. 0.77	S/. 50.05	
2.04	Cemento Sol Tipo I	bol	9.82	S/. 23.00	S/. 225.86	

### ANEXO 11 - CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Cronograma de Actividades		Junio	Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre														
		Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4											
1.0	Recopilación de Información																																				
2.0	Planteamiento del Problema																																				
3.0	Desarrollo de La Descripción																																				
4.0	Desarrollo de La Investigación																																				
5.0	Desarrollo de La Metodología																																				
6.0	Pruebas de Mezclas Preliminares																																				
7.0	Formulación del Proyecto de Tesis																																				
8.0	Elaboración del Marco Teórico																																				
9.0	Diseño y Elaboración de Mezcla																																				
10.0	Análisis de Resultados Obtenidos																																				
11.0	Conclusiones y Recomendaciones																																				
12.0	Revisión de la Tesis																																				
13.0	Levantamiento de Observaciones																																				
14.0	Presentación de Tesis																																				
15.0	Sustentación de Tesis																																				