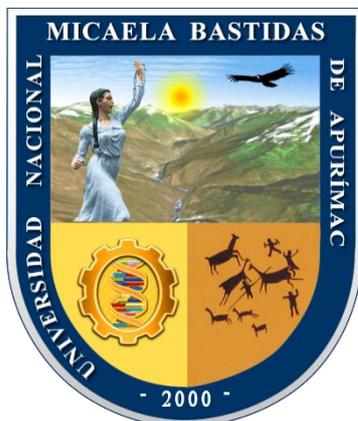


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Estudio del diseño de mezcla con cemento tipo HE y diseño de mezcla con aditivo Z fragua #
5 para acelerar la resistencia inicial a la compresión del concreto $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Presentado por:

José Augusto Quispe Munares

Cristhians Mosqueira Sullcahuamán

Para optar el Título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“TESIS”

**ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA
CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA
COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'C = 210 \text{ KG/CM}^2$**

Presentado por **José Augusto Quispe Munares** y **Cristhians Mosqueira Sulcahuamán**,
para optar El Título de:

INGENIERO CIVIL

Sustentado y aprobado el 08 de septiembre del 2022, ante el jurado evaluador:

Presidente:



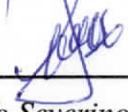
Dr. Edwar Hasaca Cahuata

Primer Miembro:



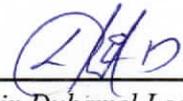
Dr. Walquer Huacani Calsin

Segundo Miembro:



Mag. Adolfo Severino Serrano Berrio

Asesor:



Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

Agradecimiento

A nuestro asesor el Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada por ser parte y guía del equipo de investigación.

A nuestros familiares, docentes y amigos por su apoyo incondicional y sus palabras de aliento que nos condujeron a lograr el objetivo de esta investigación.



Dedicatoria

A mi madre Benedicta Munares Quispe, por brindarme el amor más puro y ser el pilar principal en mi formación profesional y humano.

José Augusto Quispe Munares

A mi padre Alberto Mosqueira Salazar, por todo el amor y cariño demostrado a lo largo de estos años, por enseñarme la amabilidad y sobre todo el amor a la humanidad.

A mi madre Teresa Sullcahuamán Oscco, por demostrarme que con esfuerzo y trabajo diario puedes forjar un futuro más próspero.

Cristhians Mosqueira Sullcahuamán



Estudio del diseño de mezcla con cemento tipo HE y diseño de mezcla con aditivo Z fragua #
5 para acelerar la resistencia inicial a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del Problema	5
1.2.1 Problema general.....	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.2.3 Justificación de la investigación.....	5
CAPÍTULO II	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1 Objetivos de la investigación	7
2.2.1 Objetivo general	7
2.2.2 Objetivos específicos.....	7
2.2 Hipótesis de la investigación	7
2.2.3 Hipótesis general	7
2.2.4 Hipótesis específicas	7
2.3.1 Variable independiente.....	8
2.3.2 Variable dependiente.....	9
CAPÍTULO III	11
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	11
3.1 Antecedentes	11
3.2 Marco teórico	19
3.2.1 Concreto	19
3.2.1.1 Definición	19
3.2.1.2 Concreto fresco.....	19
3.2.1.3 Propiedades del concreto fresco	22
3.2.1.4 Resistencia del concreto	26
3.2.2 Cemento portland	33
3.2.2.1 Definición	33
3.2.2.2 Clinkerización.....	34
3.2.2.3 Composición química.....	35
3.2.2.4 Composición mineralógica.....	36
3.2.2.5 Hidratación del cemento.....	37

3.2.2.6	Calor de hidratación.....	38
3.2.2.7	Tipos de cemento portland	38
3.2.2.8	Tipos de cemento hidráulicos	41
3.2.2.9	Tipos de cementos hidráulicos adicionados	43
3.2.3	Aditivos	46
3.2.3.1	Definición	46
3.2.3.2	Razones para utilizar aditivos.....	47
3.2.3.3	Tipos de aditivos.....	48
3.2.3.4	Aditivo acelerante.....	48
3.2.4	Agregados.....	50
3.2.4.1	Definición	50
3.2.4.2	Clasificación de los agregados	51
3.2.4.3	Agregado fino	51
3.2.4.4	Agregado grueso.....	52
3.2.4.5	Propiedades físicas de los agregados.....	54
3.2.4.6	Propiedades mecánicas de los agregados	56
3.2.5	Agua	57
3.2.5.1	Definición	57
3.2.5.2	Requisitos de calidad	57
3.3	Marco conceptual.....	58
CAPÍTULO IV.....		61
METODOLOGÍA.....		61
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	61
4.1.1	Tipo de investigación	61
4.1.2	Nivel de investigación	61
4.2	Diseño de la investigación	61
4.3	Población y muestra.....	63
4.3.1	Población.....	63
4.3.2	Muestra.....	63
4.4	Procedimiento	68
4.4.1	Caracterización de agregados.....	69
4.4.2	Diseño de mezcla Método ACI Comité 211	70
4.5	Técnica e instrumentos	74
4.6	Análisis estadístico	75
4.6.1	Media.....	75
4.6.2	Varianza	75
4.6.3	Desviación estándar.....	75
4.6.4	Grados de libertad	76



4.6.5	Distribución t-Student	76
4.6.6	Tipo de error.....	77
4.6.7	Nivel de significancia.....	77
4.6.8	Prueba t para una muestra	77
4.6.9	Normalidad.....	78
4.6.10	Homocedasticidad	78
4.6.11	Análisis de varianza de un factor	79
4.6.12	Pruebas post hoc.....	79
CAPÍTULO V		80
RESULTADOS Y DISCUSIONES		80
5.1	Análisis de resultados del objetivo general.....	80
5.1.1	Diseño de mezcla con cemento tipo HE.....	80
5.1.2	Diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.....	80
5.1.3	Diseño de mezcla con cemento tipo IP	81
5.1.4	Diseño de mezcla con cemento tipo I.....	81
5.1.5	Diseño de mezcla del con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.....	81
5.1.6	Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades	82
5.1.7	Tiempo de fraguado inicial	88
5.1.8	Tiempo de fraguado final	88
5.2	Análisis de resultados del objetivo específico 1	89
5.2.1	Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1.....	89
5.3	Análisis de resultados del objetivo específico 2	94
5.3.1	Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 2.....	94
5.3.2	Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 3.....	99
5.4	Análisis de resultados del objetivo específico 3	105
5.4.1	Resistencia a la compresión del Grupo de Control 1	105
5.4.2	Resistencia a la compresión del Grupo de Control 2	109
5.5	Contrastación de hipótesis	114
5.5.1	Contrastación de hipótesis general.....	114
5.5.2	Contrastación de hipótesis específicas	134
5.6	Discusión	136
5.6.1	Diseño de mezcla	136
5.6.2	Resistencia a la compresión	136
5.6.3	Tiempo de fraguado del cemento	140
CAPÍTULO VI.....		141
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		141
6.1	Conclusiones	141
6.2	Recomendaciones	142



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
ANEXOS	146
Anexo 1: Instrumentos de recolección de información	147
Anexo 2: Resultados	157
Anexo 3: Panel fotográfico	179
Anexo 4: Certificados de calibración de equipos	189



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operacionalización de la variable independiente	8
Tabla 2 — Operacionalización de la variable dependiente.	9
Tabla 3 — Valor de K para diferentes formas de probetas	32
Tabla 4 — Ajuste por volumen en cilindros.....	32
Tabla 5 — Factor de corrección por altura – diámetro.....	33
Tabla 6 — Cambios ocurridos en el proceso de clinkerización dentro del horno.....	35
Tabla 7 — Composición química del cemento portland	36
Tabla 8 — Constituyentes principales del clínker portland.....	36
Tabla 9 — Límites de granulometría para el agregado fino.....	52
Tabla 10 — Clasificación de la arena según el módulo de finura	52
Tabla 11 — Límites de granulometría para agregado grueso.....	54
Tabla 12 — Valores máximos para el agua utilizada en el concreto.....	58
Tabla 13 — Muestra de probetas del Grupo experimental 1 (G_1).....	64
Tabla 14 — Muestra de probetas del Grupo experiencial 2 (G_2)	65
Tabla 15 — Muestra de probetas del Grupo experimental 3 (G_3).....	66
Tabla 16 — Muestra de probetas del Grupo de control 1 (G_4).....	67
Tabla 17 — Muestra de probetas del Grupo de control 2 (G_5).....	68
Tabla 18 — Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.....	71
Tabla 19 — Cantidades Aproximadas de agua para diferentes asentamientos	71
Tabla 20 — Aire atrapado en función del tamaño máximo nominal.	72
Tabla 21 — Resistencia a la compresión promedio	72
Tabla 22 — Relación agua/cemento vs F'_{cr}	72
Tabla 23 — Volumen de agregado grueso compactado en seco en función del módulo de fineza	73
Tabla 24 — Proporciones de materiales para diseño de mezcla con cemento tipo HE.....	80
Tabla 25 — Proporciones materiales para diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE	80
Tabla 26 — Proporciones de materiales para diseño de mezcla con cemento tipo IP	81
Tabla 27 — Proporciones de materiales para diseño de mezcla con cemento tipo I.....	81
Tabla 28 — Proporciones de materiales para diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.....	81
Tabla 29 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 1 día	89
Tabla 30 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 2 días.....	89
Tabla 31 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 3 días.....	90
Tabla 32 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 4 días.....	91
Tabla 33 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 5 días.....	91
Tabla 34 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 7 días.....	92
Tabla 35 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 14 días.....	92
Tabla 36 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 28 días.....	93
Tabla 37 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 1 día	94
Tabla 38 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 2 días.....	94
Tabla 39 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 3 días.....	95
Tabla 40 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 4 días.....	96
Tabla 41 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 5 días.....	96



Tabla 42 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 7 días.....	97
Tabla 43 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 14 días.....	97
Tabla 44 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 28 días.....	98
Tabla 45 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 1 día.....	99
Tabla 46 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 2 días.....	100
Tabla 47 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 3 días.....	100
Tabla 48 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 4 días.....	101
Tabla 49 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 5 días.....	102
Tabla 50 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 7 días.....	102
Tabla 51 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 14 días.....	103
Tabla 52 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 28 días.....	103
Tabla 53 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 1 día.....	105
Tabla 54 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 2 días.....	105
Tabla 55 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 3 días.....	106
Tabla 56 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 4 días.....	106
Tabla 57 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 5 días.....	107
Tabla 58 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 7 días.....	107
Tabla 59 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 14 días.....	108
Tabla 60 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 28 días.....	108
Tabla 61 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 1 día.....	109
Tabla 62 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 2 días.....	110
Tabla 63 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 3 días.....	110
Tabla 64 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 4 días.....	111
Tabla 65 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 5 días.....	111
Tabla 66 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 7 días.....	112
Tabla 67 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 14 días.....	112
Tabla 68 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 28 días.....	113
Tabla 69 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 1 día.....	115
Tabla 70 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 2 días.....	116
Tabla 71 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 3 días.....	116
Tabla 72 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 4 días.....	116
Tabla 73 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 5 días.....	117
Tabla 74 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 7 días.....	117
Tabla 75 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 14 días.....	117
Tabla 76 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 28 días.....	118
Tabla 77 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 1 día.....	118
Tabla 78 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 2 días.....	119
Tabla 79 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 3 días.....	119
Tabla 80 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 4 días.....	119
Tabla 81 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 5 días.....	120
Tabla 82 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 7 días.....	120
Tabla 83 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 14 días.....	121
Tabla 84 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 28 días.....	121
Tabla 85 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 1 día.....	122
Tabla 86 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 2 días.....	123



Tabla 87 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 3 días	124
Tabla 88 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 4 días	125
Tabla 89 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 5 días	126
Tabla 90 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 7 días	127
Tabla 91 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 14 días	128
Tabla 92 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 28 días	129
Tabla 93 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 1 día	130
Tabla 94 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 2 días	130
Tabla 95 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 3 días	131
Tabla 96 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 4 días	131
Tabla 97 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 5 días	132
Tabla 98 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 7 días	132
Tabla 99 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 14 días	133
Tabla 100 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 28 días	133
Tabla 101 — Resistencia a la compresión a la edad de 3 días	137
Tabla 102 — Resistencia a la compresión a la edad de 28 días	139



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Diseño de la investigación	62
Figura 2 — Esquema de procedimientos de la investigación.....	69
Figura 3 — La función de densidad de los modelos t-Student y la distribución normal	76
Figura 4 — Resistencia a la compresión del concreto a 1 día.....	82
Figura 5 — Resistencia a la compresión del concreto a 2 días	82
Figura 6 — Resistencia a la compresión del concreto a 3 días	83
Figura 7 — Resistencia a la compresión del concreto a 4 días	83
Figura 8 — Resistencia a la compresión del concreto a 5 días	84
Figura 9 — Resistencia a la compresión del concreto a 7 días	85
Figura 10 — Resistencia a la compresión del concreto a 14 días	85
Figura 11 — Resistencia a la compresión del concreto a 28 días	86
Figura 12 — Curva de resistencia a la compresión.....	87
Figura 13 — Fraguado inicial del cemento	88
Figura 14 — Fraguado final del cemento.....	88
Figura 15 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con cemento tipo HE.....	93
Figura 16 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.....	99
Figura 17 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.....	104
Figura 18 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con cemento tipo I.....	109
Figura 19 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con cemento tipo IP.....	114
Figura 20 — Instrumento N° 1 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso	147
Figura 21 — Instrumento N° 2 Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino ...	148
Figura 22 — Instrumento N° 3 Peso unitario del agregado grueso.....	149
Figura 23 — Instrumento N° 4 Peso unitario del agregado fino.....	150
Figura 24 — Instrumento N° 5 Peso específico y absorción del agregado grueso	151
Figura 25 — Instrumento N° 6 Gravedad específica y absorción del agregado fino.....	152
Figura 26 — Instrumento N° 7 Humedad de agregados	153
Figura 27 — Instrumento N° 8 Asentamiento del concreto (Slump).....	154
Figura 28 — Instrumento N° 9 Fraguado del cemento	155
Figura 29 — Instrumento N° 10 Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades	156
Figura 30 — Resultados del análisis granulométrico del agregado grueso	157
Figura 31 — Resultados del análisis granulométrico del agregado fino.....	158
Figura 32 — Resultados del peso unitario del agregado grueso	159
Figura 33 — Resultados del peso unitario del agregado fino	160
Figura 34 — Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso.....	161
Figura 35 — Resultados del gravedad específica y absorción del agregado fino	162
Figura 36 — Resultados de la humedad de los agregados	163
Figura 37 — Resultados del asentamiento del diseño de mezcla con cemento tipo HE.....	164



Figura 38 — Resultados del asentamiento del diseño de mezcla con aditivo y cemento tipo HE.....	165
Figura 39 — Resultados del asentamiento del diseño de mezcla con cemento tipo I.....	166
Figura 40 — Resultados del asentamiento del diseño de mezcla con aditivo y cemento tipo I	167
Figura 41 — Resultados del asentamiento del diseño de mezcla con cemento tipo IP.....	168
Figura 42 — Resultados del fraguado del cemento tipo HE.....	169
Figura 43 — Resultados del fraguado del cemento tipo HE y aditivo.....	170
Figura 44 — Resultados del fraguado del cemento tipo I.....	171
Figura 45 — Resultados del fraguado del cemento tipo I y aditivo.....	172
Figura 46 — Resultados del fraguado del cemento tipo IP.....	173
Figura 47 — Resultados de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo HE.....	174
Figura 48 — Resultados de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo HE y aditivo	175
Figura 49 — Resultados de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo I.....	176
Figura 50 — Resultados de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo I y aditivo	177
Figura 51 — Resultados de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo IP	178
Figura 52 — Análisis granulométrico del agregado grueso.....	179
Figura 53 — Análisis granulométrico del agregado fino	179
Figura 54 — Peso unitario del agregado fino y agregado grueso	180
Figura 55 — Peso específico y absorción del agregado grueso	180
Figura 56 — Gravedad específica y absorción del agregado fino.....	181
Figura 57 — Determinación del asentamiento del concreto fresco	181
Figura 58 — Elaboración de especímenes de concreto.....	182
Figura 59 — Curado de concreto	183
Figura 60 — Probetas de concreto antes del ensayo a la compresión simple	184
Figura 61 — Probetas de concreto antes del ensayo a la compresión simple	185
Figura 62 — Probetas de concreto después del ensayo a la compresión simple.....	185
Figura 63 — Pesado de probetas de concreto antes del ensayo a la compresión simple	186
Figura 64 — Ensayo a la compresión simple del concreto a edades de 1, 2 y 3 días	186
Figura 65 — Ensayo a la compresión simple del concreto a edades de 4, 5, 7 días	187
Figura 66 — Ensayo a la compresión simple del concreto a edades de 14 y 28 días	187
Figura 67 — Ensayo del tiempo de fraguado del cemento	188
Figura 68 — Asesor de tesis verificando el ensayo a la compresión simple del concreto....	188
Figura 69 — Certificado de calibración de la maquina uniaxial.....	190
Figura 70 — Certificado de calibración de horno	191
Figura 71 — Certificado de calibración de instrumento de pesaje no automático.....	192

INTRODUCCIÓN

Uno de los parámetros que define que un concreto sea de calidad es su resistencia a la compresión siendo este parámetro su propiedad más importante, por ello esta investigación es justificable porque nos permite conocer las resistencias a la compresión del concreto a edades tempranas y el diseño adecuado para elaborarlos, nos ayudara a optimizar tiempos en la construcción la cual es una filosofía actual muy importante para el éxito de los proyectos. La investigación tiene como propósito seguir profundizando el tema de la tecnología de concreto con la particularidad de encontrar edades tempranas en la que el concreto pueda alcanzar la resistencia a la compresión y esto garantice que la estructura pueda ser funcional.

La intención de acelerar la resistencia inicial a la compresión es para poder optimizar tiempos en la construcción cuando por ejemplo se tiene la necesidad de remover los encofrados para dar continuidad a los trabajos o cuando una estructura tiene que ser puesta en servicio inmediatamente, en estos casos amerita el uso de concreto de alta resistencia inicial.

Para lograr acelerar la resistencia inicial a la compresión se realizará diseños de mezclas, la primera consiste en realizarlo con cemento tipo HE la cual posee propiedades similares a las de un cemento tipo III, el segundo diseño de mezcla consiste en adicionar un aditivo tipo C, la cual es un acelerante que tiene como función principal acelerar el desarrollo temprano de resistencia del concreto, la cual viene a ser el endurecimiento. Estos diseños serán comparados entre sí y además serán corroborados con un diseño de mezcla convencional.

El presente proyecto de investigación está estructurado por cinco capítulos.

Capítulo I, contiene el planteamiento del problema a investigar.

Capítulo II, contiene los objetivos planteados, la hipótesis de la investigación y la operacionalización de variables.

Capítulo III, se desarrolla el marco teórico referencial en la cual se encuentran los antecedentes, el marco teórico y marco conceptual.

Capítulo IV, incluye la metodología de investigación donde se definen, el tipo y nivel de investigación, diseño de investigación, la muestra, el procedimiento de la investigación, las técnicas e instrumentos y el análisis estadístico de la investigación.

Capítulo V, se presentan los resultados y discusiones de la investigación.

Capítulo VI, contiene las conclusiones y recomendaciones.



RESUMEN

La investigación titulada “Estudio del diseño de mezcla con cemento tipo HE y diseño de mezcla con Aditivo Z Fragua # 5 para acelerar la resistencia inicial a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ” tiene como problemática los periodos de tiempo mínimos para el desencofrado de elementos estructurales o puesta al servicio de estructuras civiles inmediatamente, por ello si se desea optimizar los tiempos en construcción es necesario obtener altas resistencias iniciales para el concreto con resistencia a la compresión teórica de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La presente tesis tiene como objetivo determinar cuál de los diseños de mezcla alcanza mayor resistencia inicial a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para optimizar tiempos en la construcción, para el cual se utilizó un tipo de investigación aplicada de nivel explicativa de acorde fin que busca la investigación y las relaciones causa efecto a las que se someterán las variables dependientes; el diseño de experimento ejecutado para relacionar las variables de investigación se llevó a cabo a través de grupos experimentales y grupos de control agrupados de la siguiente forma, los grupos experimentales serán denotados por G_1 (diseño de mezcla con cemento tipo HE), G_2 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5 y cemento tipo HE) y G_3 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5 y cemento tipo I); y los grupos de control denotados por G_4 (diseño de mezcla convencional cemento tipo I) y G_5 (diseño de mezcla convencional cemento tipo IP). Los resultados obtenidos indican que los grupos G_2 y G_3 obtuvieron una alta resistencia inicial a los 4 días superando la resistencia teórica de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y el diseño de mezcla con cemento HE logro alcanzar la resistencia teórica a los 7 días. De acuerdo a los resultados de la investigación y la contratación de la hipótesis mediante el ANOVA de un factor se concluye que la resistencia inicial a la compresión del concreto elaborado con el diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5 es mayor que la resistencia inicial a la compresión del concreto elaborado con el diseño de mezcla con cemento tipo HE por lo que se puede afirmar que el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 alcanza mayor resistencia inicial a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para optimizar tiempos en la construcción.

Palabras clave: Aditivo, cemento, concreto, diseño de mezcla, resistencia a la compresión.



ABSTRACT

The research entitled "Study of mix design with cement type HE and mix design with Additive Z Fragua # 5 to accelerate the initial compressive strength of concrete $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ " has as problems the minimum periods of time for the stripping of structural elements or immediate commissioning of civil structures, therefore, if we want to optimize construction times, it is necessary to obtain high initial strengths for concrete with a theoretical compressive strength of $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. This thesis aims to determine which of the mix designs reaches the highest initial compressive strength of the concrete $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ to optimize construction times, for which a type of explanatory level applied research was used according to the purpose that the research search and the cause-effect relationships to which the dependent variables will be subjected; the experimental design executed to relate the research variables was carried out through experimental and control groups grouped as follows, the experimental groups will be denoted by G1 (mix design with HE type cement), G2 (mix design with additive Z fragua # 5 and cement type HE) and G3 (mix design with additive Z fragua # 5 and cement type I); and the control groups denoted by G4 (conventional cement type I mix design) and G5 (conventional cement type IP mix design). The results obtained indicate that groups G2 and G3 obtained a high initial resistance at 4 days, exceeding the theoretical resistance of $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, and the mix design with HE cement managed to reach the theoretical resistance at 7 days. According to the investigation results and the hypothesis's verification through the ANOVA of one factor, it is concluded that the initial compressive strength of the concrete made with the mix design with additive Z fragua # 5 is greater than the initial resistance compression. the compression of the concrete made with the mix design with cement type HE, so it can be affirm that the mix design with additive Z fragua #5 reaches a higher initial compressive strength of the concrete $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ to optimize construction times.

Keywords: *Additive, cement, concrete, mix design, compressive strength.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Neville (2013, p.1) menciona que en la actualidad «el concreto es uno de los materiales más empleados en la construcción» y también Sanchez De Guzman (2001), afirma que «durante el curso del presente del siglo XXI el concreto se ha destacado como el material de construcción con mayor demanda en todo el mundo por su asombrosa versatilidad en cuanto a su forma la cual es fácil de moldear», también por la función de uso estructural y no estructural y por el bajo costo que implica su preparación, la tecnología avanzada a su alrededor hace dable su competitividad no sólo con las construcciones de madera, sino también con las de acero. En el departamento de Apurímac se aprecia el crecimiento y uso del concreto en las construcciones de pavimentos rígidos, reservorios, muros de contención y en su mayoría en edificaciones en general.

El consumo de cemento en el Perú según Instituto Nacional Estadística e Informática (2020) alcanzó las 10'059,248 toneladas en las 2020 y 259,749 toneladas en Apurímac que representa el 2.6%. Es por ello que el cemento en sus diferentes tipos es un material muy esencial para el desarrollo de la sociedad ya que es un componente fundamental del concreto por lo que está presente en la mayoría de obras de arquitectura e ingeniería.

Según Harmsen (2017) el periodo requerido mínimos para desencofrado de elementos estructurales soportados como el fondo de una viga con luz libre menor a seis metros es de catorce días y con luz libre mayor a 6 metros es de veintiún días, si se quiere optimizar tiempos en la construcción es necesario remover los encofrados en menor tiempo y así poder dar continuidad al proceso constructivo como por ejemplo en la construcción de viviendas de varios niveles, departamentos y otros. Otro problema que se presenta es la construcción de pavimentos urbanos en vías colectoras porque esta estructura debe ser puesta en servicio en tiempos cortos debido a su importancia vital en el desarrollo socioeconómicas de las poblaciones, y así en el campo de la construcción existen problemas en donde es necesario optimizar tiempos en la construcción.

Para dar solución a estos problemas el concreto debe lograr altas resistencia inicial a la compresión, para ello se plantean diseños de mezclas con estas características, para lograr



dicho fin se usa tecnologías como el uso de aditivos químicos que existen en el mercado peruano que puedan modificar diversas propiedades del concreto , uno de estos viene a ser el uso adecuado del aditivo tipo C la cual acelera el desarrollo de la resistencia del concreto en edades tempranas, otra solución viene a ser el uso del cemento tipo HE que cumple con las exigencias de la norma NTP 334.082 o ASTM C 1157, la cual corresponde a un tipo de cemento que ayuda a que el concreto logre alta resistencia inicial.

En la actualidad no se puede precisar si el diseño de mezcla con cemento tipo HE o el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 tiene mejor desempeño en la resistencia inicial a la compresión del concreto.

1.2 Enunciado del Problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál de los diseños de mezcla tiene mayor resistencia inicial a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para optimizar tiempos en la construcción?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto a edades de 5, 7, 14 y 28 días de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado mediante el diseño de mezcla con cemento tipo HE?
- ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto a edades 5, 7, 14 y 28 días de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado mediante el diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5?
- ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto a edades de 5, 7, 14 y 28 días de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado mediante el diseño de mezcla convencional de concreto?

1.2.3 Justificación de la investigación

El uso del concreto en el departamento de Apurímac ha demostrado un crecimiento en los últimos años por las ventajas que esta ofrece como la resistencia, costo de su fabricación, la gran disponibilidad de materiales para su elaboración, durabilidad, su elaboración que no necesita de mano de obra altamente calificada, resistencia al fuego, versatilidad y otros.



La importancia de aplicar nuevas tecnologías en el concreto como es el uso de aditivos ya sean acelerantes, plastificantes, retardantes, reductores de agua, incorporadores de aire, entre otros y el uso adecuado de variedades de cementos, son necesarios para poder solucionar distintos problemas relacionados con la continuidad del proceso constructivo y puesta rápida en servicio de estructuras de concreto.

La investigación a desarrollar es muy importante y necesaria para poder conocer la variación de resistencia inicial del concreto, por lo que según NTP 399.114 menciona que se «... pueden realizarse ensayos adicionales a otras edades para obtener información para determinar el tiempo de remoción de encofrados o cuando la estructura pueda ser puesta en servicio» en tal sentido se realizaron ensayos a diferentes edades para el diseño de mezcla con cemento tipo HE, diseño de mezcla con aditivo acelerante y diseño convencional. Esto nos proporcionará información necesaria para tomar decisiones que nos ayuden a saber a los cuantos días podríamos desencofrar una estructura sabiendo la resistencia a la compresión del concreto que presenta en dicha edad o también a cuantos días son necesarios poner en servicio una estructura conociendo la resistencia real de compresión del concreto.

Conocer la resistencia a la compresión del concreto a edades tempranas y el diseño adecuado para elaborarlos, nos ayudara a optimizar tiempos en la construcción la cual es una filosofía actual muy importante para el éxito de los proyectos.



CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.2.1 Objetivo general

Determinar cuál de los diseños de mezcla alcanza mayor resistencia inicial a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para optimizar tiempos en la construcción.

2.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la resistencia a la compresión del concreto a edades de 5, 7, 14 y 28 días de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado mediante el diseño de mezcla con cemento tipo HE.
- Evaluar la resistencia a la compresión del concreto a edades de 5, 7, 14 y 28 días de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado mediante el diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5.
- Evaluar la resistencia a la compresión del concreto a edades de 5, 7, 14 y 28 días de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado mediante el diseño de mezcla convencional de concreto

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.3 Hipótesis general

La resistencia inicial a la compresión del concreto elaborado con el diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5 es mayor que la resistencia inicial a la compresión del concreto elaborado con el diseño de mezcla con cemento tipo HE.

2.2.4 Hipótesis específicas

- La resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con cemento tipo HE es mayor a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

- La resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5 es mayor a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- La resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, elaborado mediante el diseño de mezcla convencional es menor a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

2.3.1 Variable independiente

La variable independiente es el diseño de mezcla, que tiene como dimensiones a:

a) Diseño de mezcla con cemento tipo HE.

Diseño de mezcla realizado mediante el método ACI 211, realizado específicamente con el cemento hidráulico tipo HE.

b) Diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5

Diseño de mezcla realizado mediante el método ACI 211, adicionado con aditivo Z fragua #5 y cementos de tipo I, IP y HE.

- Diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.
- Diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.

c) Diseño de mezcla convencional

Diseño de mezcla realizado mediante el método ACI 211, realizado con cemento tipo I y IP.

- Diseño de mezcla convencional con cemento tipo I.
- Diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP.

Tabla 1 — Operacionalización de la variable independiente

Variable independiente	Dimensión	Sub Dimensión	Indicadores	Índice
Diseño de mezcla	Diseño de mezcla con cemento tipo HE	Agregado grueso	Granulometría	%
			Peso específico	kg/m^3
			Absorción	%
			Peso unitario	kg/m^3
			Humedad	%
		Agregado fino	Granulometría	%
			Gravedad específica	kg/m^3
			Absorción	%
			Peso unitario	kg/m^3
			Humedad	%
		Cemento	Peso específico	kg/m^3
			Tiempo de fraguado	s



	Diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5	Agregado grueso	Granulometría	%
			Peso específico	kg/m ³
			Absorción	%
			Peso unitario	kg/m ³
			Humedad	%
		Agregado fino	Granulometría	%
			Gravedad específica	kg/m ³
			Absorción	%
			Peso unitario	kg/m ³
			Humedad	%
		Cemento	Tipo de cemento	I, HE
			Peso específico	kg/m ³
	Tiempo de fraguado		s	
	Aditivo	Densidad	kg/m ³	
		Porcentaje del peso de cemento	%	
	Diseño de mezcla convencional	Agregado grueso	Granulometría	%
			Peso específico	kg/m ³
			Absorción	%
			Peso unitario	kg/m ³
			Humedad	%
Agregado fino		Granulometría	%	
		Gravedad específica	kg/m ³	
		Absorción	%	
		Peso unitario	kg/m ³	
		Humedad	%	
Cemento		Tipo de cemento	I, IP	
		Peso específico	kg/m ³	
		Tiempo de fraguado	s	

2.3.2 Variable dependiente

a) Resistencia a la compresión del concreto

Medida de la resistencia a la compresión mediante cargas axiales de una muestra de concreto cilíndrica de 4” de diámetro y 8” de altura a diferentes edades.

Tabla 2 — Operacionalización de la variable dependiente.

Variable dependiente	Descripción de la variable	Dimensión	Indicadores	Índice
Resistencia a la compresión del concreto	Medida de la resistencia a la compresión mediante cargas axiales de una muestra de concreto cilíndrica de 4” de diámetro y 8” de altura a diferentes edades.	Resistencia a la compresión del concreto a 1 día	carga axial	kg
			área	cm ²
		Resistencia a la compresión del concreto a 2 días	carga axial	kg
			área	cm ²
		Resistencia a la compresión del concreto a 3 días	carga axial	kg
			área	cm ²
		carga axial	kg	

		Resistencia a la compresión del concreto a 4 días	área	cm ²
		Resistencia a la compresión del concreto a 5 días	carga axial	kg
			área	cm ²
		Resistencia a la compresión del concreto a 7 días	carga axial	kg
			área	cm ²
		Resistencia a la compresión del concreto a 14 días	carga axial	kg
			área	cm ²
		Resistencia a la compresión del concreto a 28 días	carga axial	kg
			área	cm ²

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

- a) Lucero Aguilar (2009) en su tesis denominado "Influencia de un acelerador de fraguado normal en la trabajabilidad y resistencia de morteros", para optar al Título de Ingeniero Constructor en la Universidad Austral de Chile, afirma que:

Determinó «la variación de docilidad y propiedades finales del mortero al agregar distintas dosis de Aditivo Acelerante de Fraguado (Sika®3), todo esto referido a muestras patrones» (Lucero Aguilar, 2009, p. 2).

Con respecto a la resistencia a la compresión el aditivo incidió notoriamente a edades tempranas, en lo que respecta a una edad de 3 días, y en comparación a la muestra patrón, para dosis de aditivo: agua de 1:15 (MP-20-1) la resistencia incremento en un 8,8%; para dosis de 1:12 (MP-20-2) el incremento es de un 18,7%; para dosis de 1:9 (MP-20-3) se incrementa la resistencia en un 19,6%; para dosis de 1:6 (MP-20-4) el incremento es de 21,3%. Esta situación no ocurre para la quinta mezcla donde la dosis de aditivo: agua es de 1:3 (MP-20-5), genera una disminución en la resistencia con respecto a la Mezcla Patrón de un 25,1% (p. 68).

- b) Castellón Corrales y De la Ossa Arias (2013) en su tesis denominada “Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos tipo I y tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes”, para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad de Cartagena, Colombia, afirma que:

Se «analizó los efectos que tienen los aditivos como acelerante y retardante en las resistencias a la compresión iniciales y finales en concretos de 4000 psi elaborados con cemento tipos I y III, utilizando grava de ½” y arena natural» (Castellón Corrales y De la Ossa Arias, 2013, p. 23).

Concluyendo que en la mezcla de concreto elaborada con cemento Tipo III, con o sin aditivos se observó una resistencia a la compresión de tipo creciente, esto



pudo ser a debido a que las partículas del cemento Tipo III, retienen mejor el agua al tener mejor superficie de hidratación, entonces los tiempos de fraguado serán menores, lo cual se traduce en un incremento en la resistencia a la compresión (p. 22).

Teniendo en cuenta la relación agua/cemento, ésta fue óptima para el diseño de 4000 psi, ya que se utilizó la misma relación para las tres muestras de concreto, es decir, sin aditivos, con aditivo retardante y con aditivo acelerante y se obtuvieron buenos resultados (p. 22).

En la mezcla de concreto elaborado con cemento Tipo I, con o sin aditivos se presentó una resistencia a la compresión de tipo decreciente, esto pudo ser debido a que la relación agua/cemento no fue óptima para este diseño, ya que se utilizó la misma relación para las tres muestras de concreto, es decir, sin aditivos, con aditivo retardante y con aditivo acelerante (p. 103).

Con esto, en investigaciones futuras sugerimos variar la cantidad de aditivo bajo una misma relación agua–cemento para encontrar la cantidad óptima de aditivo a una edad de 28 días o en su defecto, para evaluar el poder reductor de agua del aditivo en cuestión y por ende todas las demás características afines con la reducción de agua, controlando otros parámetros, como tiempo de fraguado y evolución de resistencias en particular (pp. 103 – 104).

- c) Borja Quintanilla y Rea Castillo (2015) en su trabajo de graduación denominado “Análisis comparativo del módulo de rotura en vigas de hormigón simple y vigas reforzadas con fibra de carbono con una resistencia a la compresión de 28 MPa utilizando agregados del sector Guayllabamba y cemento Holcim tipo HE”, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil en la Universidad Central de Ecuador, menciona que:

«Analizó comparativamente el Módulo de Rotura en Vigas de Hormigón Simple y Vigas reforzadas con Fibra de Carbono, con una resistencia a la compresión de 28 MPa, utilizando agregado del sector Guayllabamba y cemento Holcim Tipo HE» (Borja Quintanilla y Rea Castillo, 2015, p. 5).



Además, realizó el diseño de la mezcla con dos tipos de cemento, con fines comparativos y utilizando la misma dosificación para los dos, obteniendo los resultados esperados, altas resistencias a tempranas edades con el cemento Holcim tipo HE, y comportamiento normal en con el cemento Holcim tipo GU (p. 201).

- d) López Ochoa y Bocanegra Pinilla (2017) en su trabajo de grado denominado “Comparación entre las resistencias obtenidas mediante ensayos de compresión en cilindros de mortero de inyección con: material saturado, aditivos plastificantes y/o acelerantes”, para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Católica de Colombia, Colombia, afirma que:

«Realizó la comparación con el ensayo de compresión a morteros de inyección con material granular saturado, aditivos plastificantes y retardantes para determinar la variación de las resistencias en estas condiciones» (López Ochoa y Bocanegra Pinilla, 2017, p. 19).

«El acelerante SikaLatex logra obtener un porcentaje del 110% de la resistencia de diseño, dando un comportamiento ideal a la resistencia esperada» (López Ochoa y Bocanegra Pinilla, 2017, p. 65).

- e) Baca Pinelo y Boy Sánchez (2015) en su tesis denominado “Influencia del porcentaje y tipo de acelerante, sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de un concreto de rápido fraguado”, para optar el título profesional de Ingeniero de Materiales en la Universidad Nacional de Trujillo, menciona:

«Evaluó la influencia que tiene el porcentaje y el tipo de aditivo acelerante sobre la resistencia a la compresión de concreto elaborado con cemento Pacasmayo tipo ICo. Las probetas se elaboraron según la norma ASTM C39...» (Baca Pinelo y Boy Sánchez, 2015, p. vi), realizando un total de «60 probetas de 15 cm de diámetro x 30 cm de altura a base de arena, piedra, cemento, agua aditivos Sika3 y Chema3» (Baca Pinelo y Boy Sánchez, 2015, p. vi). Utilizando porcentajes de reemplazo las cuales fueron del 1, 2, 3, 4, 5% en peso. «Las probetas se dejaron curar durante 7 días, para después realizarles el ensayo de compresión» (Baca Pinelo y Boy Sánchez, 2015, p. vi).



De sus resultados obtenidos determinó «que cuando aumentó el porcentaje de aditivo acelerante la resistencia a la compresión se incrementó moderadamente hasta un 4 % de reemplazo, a partir de allí la resistencia decae, este hecho sucedió para ambos tipos de aditivos» (Baca Pinelo y Boy Sánchez, 2015, p. vi).

Al final concluyo que «un concreto con 4% de aditivo acelerante Sika 3 presenta mejor resistencia a la compresión (209.3 Kg/cm²) en comparación de las probetas testigos (164.3 kg/cm²) y que presenta también mejor resistencia que un concreto elaborado con aditivo Chema 3 del mismo porcentaje» (Baca Pinelo y Boy Sánchez, 2015, p.vi). Por tanto, concluyó «que ambos aditivos interfieren en la resistencia del concreto, pero siendo el aditivo Sika3 con los cuales se obtienen mejores resultados» (Baca Pinelo y Boy Sánchez, 2015, p.vi).

- f) Zegarra Agip y Zegarra Suarez (2016) en su tesis denominado “Estudio del nivel de efectividad de los aditivos acelerantes de fragua marca Sika-3 y Chema-5 en concretos aplicables a zonas alto andinas de región Lambayeque”, para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Señor de Sipán, afirma que:

Elaboró diseños de mezclas de «concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$, usando cemento portland tipo I y adicionando de forma independiente un porcentaje de aditivo en diferentes dosificaciones, 4.06 % para CHEMA 5; y 5.56% para SIKA 3 respectivamente» (Zegarra Agip y Zegarra Suarez, 2016, p. xvi), dando lugar al «análisis y comparación del nivel de efectividad de los aditivos acelerantes de fragua , asimismo relacionando dichos resultados de Incahuasi y Chiclayo, teniendo en cuenta la altura y la temperatura de la zona andina (Incahuasi)» (Zegarra Agip y Zegarra Suarez, 2016, p. xvi).

Pudo Determinar «que en la zona alto andina de Incahuasi, es mayor el tiempo de fraguado inicial en comparación al de Chiclayo (...)» (Zegarra Agip y Zegarra Suarez, 2016, p.156), también concluyo que «respecto a los aditivos acelerantes de fragua utilizados en la investigación, el Sika 3 se comporta mejor, generando un menor tiempo inicial de fraguado para $f'c = 210 \text{ cm}^2$ en 3.56 horas, $f'c = 280 \text{ cm}^2$ en 3:41 horas, $f'c = 350 \text{ cm}^2$ en 3:26 hora» (Zegarra Agip y Zegarra Suarez, 2016, p.156), repercutiendo «en las altas ganancias tempranas de $f'c$ en



comparación al concreto normal y al concreto con aditivo Chema 5» (Zegarra Agip y Zegarra Suarez, 2016, p.156).

- g) Ponce Córdova (2016) en su tesis denominada “Estudio comparativo del efecto de aditivos Chema y Sika aceleradores de fragua en la ciudad del Cusco en concretos expuestos a climas alto andinos” para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Andina del Cusco, afirma que:

Determinó «las características del efecto de los aditivos acelerantes de fragua Chema y Sika en la ciudad del Cusco para acelerar el tiempo de fragua en concretos expuestos a climas alto andinos» (Ponce Córdova, 2016, p. 34).

Llegando a la conclusión el cual demostró la hipótesis general planteada en su investigación la cual es «las características del efecto de los aditivos Chema y Sika en la ciudad del Cusco para acelerar el tiempo de fragua en concretos expuestos a climas alto andinos, difieren en tiempo de fragua, resistencia a la compresión y costos» (Ponce Córdova, 2016, p. 35), pudo comprobar que «todos los aditivos utilizados en la presente tesis tienen un tiempo de fragua inicial a la primera hora indefinido, quiere decir que la aguja de Vicat penetra hasta el fondo del molde» (Ponce Córdova, 2016, p. 221). Así como «el aditivo acelerante que tiene un tiempo de fragua inicial más rápido en cualquiera de sus proporciones a la cuarta hora es Sika 3, en una proporción máxima en donde la penetración de la aguja de Vicat es 0 mm» (Ponce Córdova, 2016, p. 221).

También demostró la «incidencia de la menor resistencia de concreto obtenida en una proporción mínima es 149.13 kg/cm² a los 3 días, que corresponde al aditivo Chema 5, la resistencia máxima es de 272.84 kg/cm² en 14 días, correspondiente al aditivo Chema Estruct» (Ponce Córdova, 2016, p. 221).

Por último «demuestra que al utilizar los aditivos Sika 5 y Chema Estruct en el concreto, en cualquiera de sus proporciones..., se observa que existe un incremento de resistencia a los 3, 7 y 14 días, cumple el diseño de mezclas. $F'c=210\text{kg/cm}^2$ » (Ponce Córdova, 2016, p. 221).



- h) Floriano Valerio (2018) en su tesis denominado “Resistencia a la compresión de un concreto, utilizando aditivo acelerante Z fragua N°5, cemento portland compuesto tipo ICO y agregados de cantera de la ciudad de Trujillo”, para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad César Vallejo, afirma que:

Determinó «la influencia del aditivo acelerador de fraguado Z fragua N°5 en la resistencia a la compresión de un concreto de 210 Kg/cm²...» (Floriano Valerio, 2018, p. ix).

De acuerdo a «los resultados estadísticos obtenidos de los ensayos a compresión, para la comparación de la mezcla con 3 % de aditivo respecto de la mezcla convencional» (Floriano Valerio, 2018, p. 57), se logró afirmar «que el uso del aditivo en pocas proporciones (3 % del peso del cemento), acelera el fraguado del concreto a los 3, 7 y 28 días de curado en un 34.4 %, 7.33 % y 6.29 %, respectivamente» (Floriano Valerio, 2018, pp. 57 - 58).

Además, concluyo que «según los resultados obtenidos de los ensayos a compresión, para la comparación de la mezcla con 7 % de aditivo respecto de la mezcla convencional» (Floriano Valerio, 2018, p. 58), se logró comprobar «que el uso del aditivo en altas cantidades (7 % del peso del cemento), acelera el fraguado del concreto a los 3, 7 y 28 días de curado, en un porcentaje de 29.1 %, 37.5 % y 15.6 %, respectivamente» (Floriano Valerio, 2018, p. 58).

- i) Cubas Miranda (2019) en su tesis denominada “Influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo 2019”, para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte, afirma que:

Determinó «la influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional» (Cubas Miranda, 2019, p. 23). Obteniendo los siguientes resultados:

- «La mezcla patrón obtuvo una resistencia a 3, 7, 14 y 28 días de 145 Kg.f/cm², 186 Kg.f/cm², 224 Kg.f/cm² y 248 Kg.f/cm² respectivamente...» (Cubas Miranda, 2019, p. 99), la cual se encontraba dentro del rango de diseño. También «...observó que, la resistencia a 3 días representó el 59%



respecto a la de 28 días, la de 7 días el 75% y el de 14 días el 90%» (Cubas Miranda, 2019, p. 99).

- A los 3 días «la cantidad óptima del aditivo Accelguard 90 (4% respecto al peso del cemento) aumenta en 33% respecto a la muestra patrón y el Z Fragua #5 (2% respecto al peso del cemento) asciende en solo el 13%» (Cubas Miranda, 2019, p. 101).
 - Con el Uso del aditivo Accelguard 90, «de acuerdo a la muestra patrón a 7 días aumenta la resistencia en 33% y 14 días en 23%, se observa que, a mayor edad la velocidad en aumentar la resistencia disminuye...» (Cubas Miranda, 2019, p. 102).
 - Con el uso del aditivo Z Fragua #5, «...se obtuvo un incremento en 7 y 14 días respecto a la muestra patrón en 20% y 12% respectivamente, por lo tanto, cumple con lo establecido en la ASTM...» (Cubas Miranda, 2019, p. 102).
 - El aditivo «...Z Fragua #5 presenta a edad de 28 días una compresión de 267 Kg.f/cm² en su cantidad del 2% respecto al peso del cemento; comparando con la muestra patrón aumenta en un 8%, incumpliendo los requisitos de la ASTM C494» (Cubas Miranda, 2019, p. 105). Igualmente «al añadir el 6% del aditivo solo incrementa el 1% de la muestra patrón y al adicionar el 4% respecto al peso del cemento un 3%» (Cubas Miranda, 2019, p. 105). Por último, recomendó que «se debe tener en cuenta que, a los 28 días el aumento de la resistencia es mínimo, es posible, al aumentar la cantidad de aditivo se produzca mayores pérdidas» (Cubas Miranda, 2019, p. 105).
- j) Carlos Gonzales (2019) en su tesis denominado “Análisis comparativo de las características físico -mecánicas de los cementos comerciales portland tipo IP, HE y HS, en la región Arequipa”, para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Católica de Santa María, afirma que:

Realizó un «concreto con resistencia acelerada mediante pruebas de laboratorio, a partir de diseños de mezcla convencional con la utilización de cemento



portland HE HS, IP e IP más aditivo acelerante utilizando agregado de $\frac{3}{4}$ " para la mezcla» (Carlos Gonzales, 2019, p.4). Concluyendo lo siguiente:

«...el Cemento tipo HE obtiene un grado de resistencia a la compresión mayor que la del cemento típico IP y cemento tipo HS» (Carlos Gonzales, 2019, p. 147).

«El cemento tipo HE adquiere un 30% de resistencia adicional en relación del Cemento tipo IP y un 34% de resistencia adicional en función del Cemento tipo HS» (Carlos Gonzales, 2019, p. 147).

«En función de los diseños de mezcla se obtiene para Cemento tipo HE, resistencias más altas por diseño de Modulo de Fineza» (Carlos Gonzales, 2019, p. 147).

«Se obtiene tiempos de fraguado menores para el cemento tipo HS, siendo considerado fraguado relámpago... casos de desmoldes de este cemento logran a desarrollarse el mismo día de vaciado, esto no tiene injerencia en los resultados de resistencia a compresión» (Carlos Gonzales, 2019, p. 148).

Aceptó «el uso de los cementos descritos para diseños con resistencias a la compresión altas por demostrar así su eficiencia de este cemento a edades tempranas» (Carlos Gonzales, 2019, p. 148).

- k) Tinen Ruiz (2018) en su tesis denominada “Resistencia a la compresión de un concreto, elaborado con cemento Portland tipo I y aditivo SikaCem -1 Acelerante en polvo” para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Cesar Vallejo, afirma que:

Se determinó la resistencia a la compresión de las muestras de concreto «aplicándole el aditivo de acuerdo a la dosificación de 1.18% en donde se obtuvo una resistencia de 105.71 Kg/cm² a los 3 días, 121.03 a los 7 días y 226.86 Kg/cm² a los 28 días» (Tinen Ruiz, 2018, p. 61) y sus resultados para la «dosificación de 2.35% se obtuvo 187.38 Kg/cm² a los 3 días, 221.53 Kg/cm² a los 7 días y 243.34 Kg/cm² a los 28 días» (Tinen Ruiz, 2018, p. 61).

3.2 Marco teórico

3.2.1 Concreto

3.2.1.1 Definición

El concreto es un material que resulta de «la mezcla de un material aglutinante (cemento Portland Hidráulico), unos materiales de relleno (agregados o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un sólido compacto y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de comprensión» (Sanchez De Guzman, 2001, p.19). Convirtiéndose en el material de construcción más usado a nivel mundial, Sanchez De Guzman (2001) a razón de su «extraordinaria versatilidad en cuanto a las formas que se pueden obtener; sus propiedades físicas y mecánicas para ser usado como elemento estructural; y, su economía; razones que lo hacen muy competente frente a construcciones de madera, mampostería o acero» (p. 19).

«El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia» (Abanto Castillo, 2009, p.11). Considerando que para Abanto Castillo (2009), «el cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto» (p.11).

El concreto denominado también hormigón es fundamentalmente una composición de dos componentes: agregados y pasta. «La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, arena y grava (piedra triturada o machacada, pedrejón), creando una masa similar a una roca. Ocurre al endurecerse la pasta, ...reacción química del cemento con el agua...» (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, y Tanesi, 2004, p. 1).

3.2.1.2 Concreto fresco

El proceso por el cual el hormigón pasa del estado fluido-pastoso al de endurecido no es instantáneo sino progresivo. Ocurre como producto de la

rigidización del concreto a medida que va prosperando la hidratación precoz del cemento. Resulta ser, por lo tanto, también un proceso de endurecimiento de la mezcla. Este proceso de pseudo solidificación ocurre en dos etapas sucesivas de corta duración, denominados periodos fresco y de fraguado del hormigón, que en conjunto incluyen la transformación del estado fluido al sólido (Balzamo et al., 2012, p. 215).

Dentro de esa transformación del concreto de fluido-pastoso a sólido, se debe distinguir el estado fresco del periodo de fraguado. En el estado fresco las reacciones de hidratación del cemento enunciadas son tan pequeñas que aún no han adquirido tal importancia como para impedir cambios de forma del material y/o que se evidencien signos de pérdida de adhesión en la masa endurecida. En cambio, en el período de fraguado, las reacciones están suficientemente avanzadas como para que con cualquier remoldeo de la masa pastosa se manifiesten deterioros posteriores en el concreto endurecido (Balzamo et al., 2012, p. 215).

Conceptualmente se define como período de vida del hormigón fresco, o simplemente estado fresco, al comprendido entre el momento del mezclado en el cual los componentes del concreto forman una masa homogénea y el instante en que las reacciones de hidratación del cemento adquieren tal importancia que no es posible el remoldeo del material, sin que por ello se produzcan roturas irreversibles en los enlaces entre los compuestos de la hidratación inicial del aglomerante (Balzamo et al., 2012, p. 215).

Tecnológicamente el hormigón fresco se define como aquel hormigón que está completamente mezclado y que todavía se encuentra en estado plástico, capaz de ser transportado, colocado y compactado por los métodos escogidos alcanzando la máxima compacidad sin pérdida de su homogeneidad al moldearse la estructura y sin que se afecte su proceso de fraguado y endurecimiento (Balzamo et al., 2012, p. 215).

El periodo de estado fresco es el de menor duración en la existencia del hormigón. En condiciones medias de temperatura (15 a 30 °C) está comprendido entre las 2 y 6 horas. Se acorta con el aumento de la

temperatura (a menos de 2 horas) y se prolonga con su descenso (hasta mucho más de 6 horas). También puede modificarse con el uso de aditivos de acción específica que aceleran o retardan el fraguado del hormigón y con la actual tecnología de fabricación de cementos donde está cada vez más difundido el uso de adiciones minerales (Balzamo et al., 2012, p. 216).

Durante el periodo de estado fresco, el hormigón se encuentra en estado de ser moldeado e incluso de volverlo a amasar sin que sufra ningún deterioro. En este periodo, debe ser transportado desde el lugar de elaboración al de implantación, colocado, compactado en sitio para lograr la máxima densidad, el perfecto llenado de los moldes y el total recubrimiento de las armaduras permitiendo un acabado superficial y terminación adecuados. Todos estos estadios deben ser ejecutados con un gasto mínimo de energía y sin que se alteren sus propiedades, o sea sin pérdida de la homogeneidad alcanzada en el mezclado (Balzamo et al., 2012, p. 216).

En lo físico de la mezcla, el concreto fresco está compuesta de tres fases, las cuales son fusionadas entre sí por fuerzas de acción bilateral. Estas fases y mecanismos son las siguientes:

a) Fase líquida

Está compuesta por agua; ya sea en estado libre o fijada por adhesión o absorción a los sólidos de los agregados y cemento.

b) Fase sólida

Incluye a las partículas del cemento y sus compuestos de hidratación iniciales, los agregados y los aditamentos de carácter físico. Esta fase es a su vez compleja en si misma: las partículas constituyentes son de tamaños y densidades muy desiguales. Sus tamaños varían desde coloides en el caso de los compuestos iniciales de la hidratación, hasta partículas de 150 mm, para los agregados gruesos de gran dimensión. Las densidades relativas también varían muy ampliamente, y que van desde valores menores a 1 hasta superiores a 4.



c) Fase gaseosa

Comprende al aire presente, tanto en forma de micro burbujas (el aire incorporado a la masa) como de micro burbujas (el aire ocluido naturalmente).

La composición de esta mezcla pone de manifiesto que el análisis del estado fresco del concreto resulta muy complejo y que su comportamiento es muy difícil de conocer con precisión. Por eso hasta el presente no hay una teoría unificada que proporcione una explicación completa y satisfactoria sobre el comportamiento del concreto en su estado fresco (Balzamo et al., 2012, p. 216).

3.2.1.3 Propiedades del concreto fresco

a) Trabajabilidad

Balzamo et al. (2004) menciona que es una «propiedad que relaciona la movilidad del hormigón fresco con las condiciones de la estructura a moldear y el proceso constructivo a emplear para su puesta en sitio, orientados a obtener la máxima compacidad con un gasto mínimo de energía» (p. 222).

«La facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco y el grado que resiste a la segregación se llama trabajabilidad. El concreto debe ser trabajable pero los ingredientes no deben separarse durante el transporte y el manoseo» (Kosmatka et al., 2004. p. 3).

Según Neville (2013) explica que el concreto que logra compactarse con gran facilidad se dice que es trabajable, sin embargo, indicar únicamente que la trabajabilidad establece la simplicidad de colocación y aumenta la resistencia a la segregación es una explicación poco clara de esta propiedad valiosa del concreto. Adicionalmente, la trabajabilidad deseada en cualquier situación particular dependería del medio de compactación disponible; equivalentemente, una trabajabilidad conveniente para concreto de gran volumen no es precisamente idónea para secciones con cimbras delgadas, inaccesibles o densamente reforzadas. Por estas causas, la trabajabilidad se debería definir como una



propiedad física del concreto sólo con referencia a las condiciones de un tipo particular de construcción.

b) Cohesión

Es la propiedad del hormigón fresco por la cual sus componentes se mantienen formando una mezcla de conformación uniforme, y que cuando esa mezcla se deforma no pierde continuidad en su masa. Está vinculada a la capacidad del hormigón fresco de mantener la uniformidad, alcanzada durante su fabricación, durante los procesos de transporte, colocación y compactación e inclusive cuando permanece en reposo en los moldes hasta finalizar su fraguado (Balzamo et al., 2012, p. 243).

La cohesión se relaciona directamente con la homogeneidad del hormigón fresco, puesto que una mezcla de escasa cohesividad y/o plasticidad pierde fácilmente su homogeneidad, ya sea durante o después de su puesta en sitio. Si bien, en general, una mezcla con plasticidad será cohesiva, se puede citar que puede darse el caso que una mezcla fresca sea plástica en su movilidad, pero que al tener tendencia a perder su composición uniforme al quedar en reposo o ser compactada deba ser considerada como no cohesiva. Para que un hormigón sea homogéneo debe ser fabricado homogéneo y no debe perder esa homogeneidad durante los procesos vinculados a su puesta en sitio. Si el hormigón mantiene su homogeneidad durante la etapa fresca, se obtendrá un hormigón endurecido con propiedades físico mecánicas y de durabilidad homogéneas en toda su masa. (Balzamo, et al., 2012, p. 243)

c) Consistencia

«...la consistencia se refiere a su estado de fluidez, es decir, que tan dura o blanda es una mezcla de concreto cuando está en estado plástico, por lo cual se dice que es el grado de humedad de la mezcla» (Sanchez De Guzman, 2001, p. 112).

La consistencia del concreto fresco es el fenómeno físico de la resistencia a la deformación de la misma; o sea la capacidad del

hormigón fresco de fluir ante una sollicitación. El estudio de la deformabilidad de los cuerpos sólidos o fluidos es el campo de la reología; la cual se aplica aquí a la etapa fresca del hormigón (Balzamo et al., 2012, p. 224).

d) Segregación

Neville (2013) explica la segregación como la separación de los componentes de una mezcla heterogénea de tal forma que su distribución ya no es uniforme. En caso del concreto, las diferencias del tamaño de partículas y el peso específico entre los componentes de la mezcla son las principales causas de la segregación; sin embargo, la separación puede controlarse con la selección de una granulometría idónea.

La segregación también es definida como «la separación de los materiales que constituyen una mezcla heterogénea (como es el concreto), de manera que su distribución deje de ser uniforme por falta de cohesión» (Sánchez De Guzman, 2001, p. 123).

Entre las causas, innatas hacia al concreto, Sanchez De Guzman (2001), que «pueden ocasionar segregación, se encuentran la divergencia en tamaño de las partículas y su distribución granulométrica, así como la densidad de los componentes y su proporción en la mezcla» (p. 123). Otras causas que «dependen del manejo y la colocación pueden ser el inadecuado mezclado, transporte de tiempo prolongado y sometido a vibración, vaciado inadecuado y sobre vibración al consolidarlo» (Sanchez De Guzman, 2001, p. 123).

La segregación es la separación de las fases sólidas del hormigón fresco de modo que la mezcla deja de ser razonablemente homogénea. Existen dos fenómenos diferenciados de segregación según cual sea la fracción predominante que se separa: la segregación de los agregados gruesos respecto del mortero y la segregación de la pasta respecto del conjunto de agregados. Además, aparecen dos tipos distintos de segregación, según sea el origen de la misma: la segregación interna, debida al propio hormigón (por dosificación inadecuada) y la segregación externa, originada en causas independientes al hormigón en sí mismo (por

ejemplo, la causada por efectos del transporte, colocación o compactación de la mezcla). (Balzamo et al., 2012, p. 245)

e) Sangrado

Según Kosmatka et al. (2004) explica que el sangrado es ampliamente conocido como exudación, que es «el desarrollo de una lámina de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y agregados) y simultáneamente por la subida del agua hacia la superficie. El sangrado en el concreto es normal y no debería disminuir la calidad del concreto apropiadamente colocado, acabado y curado. Un poco de sangrado es útil en el control de la figuración por retracción plástica. Por otro lado, la excesiva aumenta la relación agua-cemento cerca de la superficie; puede ocurrir una sección superficial débil y con poca durabilidad, particularmente si se hace el acabado cuando el agua de sangrado aún está presente. Los vacíos y bolsas de agua pueden suceder, resultantes del acabado anticipado de la superficie. Posteriormente de que toda el agua de exudación se evapore, la superficie endurecida va a ser un poco más baja que la superficie recientemente puesta. Esta disminución de la altura desde el momento de la colocación del concreto (puesta, colado) hasta el inicio del fraguado se llama retracción por sedimentación.

El sangrado o exudación «...consiste en que parte del agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie del concreto recién colocado. Por ello, es una forma especial de segregación de las partículas, las cuales no pueden retener toda el agua cuando se asientan» (Sanchez De Guzman, 2001, pp. 123 - 124).

f) Temperatura

Acerca de la temperatura del concreto fresco, Sanchez De Guzman (2001) explica que depende «del aporte calorífico de cada uno de sus componentes, ...cada material depende de su calor específico, de su masa, temperatura, calor liberado por hidratación del cemento, energía añadida durante el mezclado y el calor absorbido o entregado al medio ambiente» (p.124).



Las normativas estipulan una temperatura media de la mezcla del concreto fresco comprendida entre 10 °C y 29 °C en climas calurosos; sin embargo, la máxima establecida es de 32 °C, por razones de rapidez de hidratación y endurecimiento del cemento, ya que a una mayor temperatura se produce una hidratación más rápida, pero menos eficiente, y por lo tanto un fraguado acelerado, dando lugar a una estructura física menos uniforme y pobre (Sanchez De Guzman, 2001). El hormigón fresco resulta siempre más fluido a medida que está a menor temperatura. A mayor temperatura se aceleran los procesos de evaporación de agua e hidratación del aglomerante, que provocan que se disminuya la cantidad total de agua disponible para dar movilidad a la masa fresca. Este tema tiene mucha importancia en el colocado del hormigón bajo condiciones definidas como calurosas. (Balzamo et al., 2012, p. 233)

3.2.1.4 Resistencia del concreto

Para Neville (2013, p. 185), la resistencia del concreto, «se considera comúnmente que la propiedad más valiosa del concreto es su resistencia, aunque en muchos casos prácticos, otras características tales como la durabilidad o la permeabilidad pueden ser más importante».

Sin embargo, la resistencia suele utilizarse como referencia de «la calidad del concreto por estar directamente relacionada con la estructura de la pasta de cemento hidratada ...la resistencia de concreto es utilizada en los códigos de diseño estructural de elementos de concreto reforzado en donde se establece sus valores mínimos» (Neville, 2013, p. 185).

Hasta hoy en día, Sanchez De Guzman (2001) menciona que, «no se ha encontrado una ley general que sea válida para describir el comportamiento del concreto bajo todos los estados de esfuerzo a que es sometido en una estructura» (p. 127). Sin embargo, como «la resistencia a la compresión simple es su característica más importante, a partir de ella se estudian otras propiedades como su resistencia a la tracción, módulo de elasticidad y resistencia al corte, entre otras» (Sanchez De Guzman, 2001, p. 127).



a) Relación agua – cemento

Según Sanchez De Guzman (2001), en términos generales, «la resistencia del concreto se determina por la cantidad neta de agua utilizada por cantidad unitaria de cemento, para un conjunto dado de materiales y condiciones. Esto es lo que se conoce hoy en día como la relación agua-cemento, la cual está dada en peso» (p. 127).

b) Agua efectiva

Acerca del agua efectiva, Neville (2013) explica lo siguiente:

Las relaciones prácticas estudiadas hasta este momento implican la cantidad de agua en la mezcla. Esto demanda una dilucidación más minuciosa. Se piensa que el agua efectiva llena el espacio exterior al de las partículas de agregado cuando esta llega a estabilizar el volumen bruto del concreto, es decir alrededor del tiempo de fraguado. Por lo cual se llama relación agua/cemento efectivo, libre o neta (p. 188).

Generalmente, el agua del concreto engloba a la mezcla y es la que retiene el agregado al entrar en las mezcladoras. Una fracción de la última agua la absorbe la estructura de poros del agregado mientras que una parte de agua queda libre sobre la superficie del agregado y, por lo tanto, no se diferencia en nada del agua que se incrementa directamente en la mezcladora. Por otra parte, cuando el agregado no está saturado y algunos de sus poros están por consiguiente llenos de aire, una parte del agua agregada a la mezcla será absorbida por el agregado durante la primera media hora o algo así después de mezclar. En tales circunstancias, el límite entre agua libre y agua absorbida es un poco difícil (p. 188).

Por condición general, el agregado en la obra está húmedo, y el agua que excede de aquélla que se necesita para que el agregado esté en un estado saturado y superficialmente seco, se considera como agua efectiva de la mezcla. Por esta causa, los datos de

dosificación de la mezcla, normalmente, se basan en el agua que supera al de la absorbida por el agregado, que es el agua libre. Por otro lado, algunas pruebas de laboratorio se refieren al agua total añadida a un agregado seco. En resumen, es necesario tener cuidado al trasladar los resultados del laboratorio a las dosificaciones de mezcla que se manejarán en la obra, y todo antecedente en relación al agua/cemento debe ser clara si se va a considerar el agua total en lugar del agua libre (p. 188).

c) Influencia de los agregados

Para Sanchez De Guzman (2001, pp. 132 - 133), entre las propiedades más trascendentales de los áridos que intervienen en la resistencia del concreto, se hallan las siguientes:

- «La granulometría que al ser continua permite la máxima compacidad del concreto en estado fresco y por lo tanto la máxima densidad en estado endurecido con la consecuente máxima resistencia» (Sanchez De Guzman, 2001, p. 132).
- La forma y textura de los agregados también influyen, «debido a que los agregados de forma cúbica y rugosos permiten una mejor adherencia, aumentando la resistencia respecto a los agregados redondeados y lisos para una misma relación agua-cemento. Sin embargo, para igual contenido de cemento, los primeros exigen más agua para no variar la manejabilidad y por lo tanto el efecto neto es que las resistencias no varían apreciablemente» (Sanchez De Guzman, pp. 132 – 133).
- Por último, «la resistencia y rigidez de las partículas del agregado inciden en la resistencia, ya que es muy diferente la resistencia de un agregado de baja densidad y poroso, a la de un agregado de baja porosidad y muy denso» (Sanchez De Guzman, 2001, p. 133).

d) Madurez del concreto

En realidad, la resistencia del concreto se incrementa con el desarrollo del «proceso de hidratación del cemento, sumado con que la rapidez de hidratación aumenta con el incremento de la temperatura, llegando a la proposición de que la resistencia puede expresarse como una función de la combinación de tiempo – temperatura» (Neville, p. 209). Para Neville (2013), la madurez se computa en horas-grados Celsius o días-grados Celsius...» (p. 209).

e) Tamaño máximo del agregado grueso

El tamaño máximo, es otro factor de los agregados que tiene predominio en la resistencia del concreto, Sánchez de Guzmán (2001), «debido a que la cantidad de cemento requerida para producir una resistencia a la compresión máxima, a una edad dada, con un determinado agregado, varía según sea el tamaño máximo del agregado grueso de la mezcla» (p.133).

En técnicas generales, (Sánchez de Guzmán, 2001), menciona que «al utilizar tamaños mayores se reduce el área superficial y los vacíos en el agregado grueso. De manera que se requiere menos mortero para obtener una manejabilidad dada. Esto es válido para resistencias hasta del orden de 250 kg/cm^2 », ya que investigaciones nuevas se han demostrado que para un menor consumo de cemento para una resistencia requerida se alcanza con agregados de menor tamaño.

Para Sanchez de Guzman (2001, pp. 133 – 134), se presenta conclusiones de algunas investigaciones las cuales son:

- «En concretos de alta resistencia, mientras mayor sea la resistencia requerida, menor deberá ser el tamaño para que la eficiencia sea máxima» (p.133).
- «Para cada resistencia existe un margen estrecho para el tamaño máximo, por encima o por debajo del cual será necesario aumentar el contenido de cemento» (p.133).

- «En concretos de baja resistencia, mientras mayor sea el tamaño máximo, mayor es la eficiencia» (p.133).
- «En concretos de resistencia intermedia, existe un rango amplio en los tamaños que pueden usarse para una misma resistencia, esencialmente con igual contenido de cemento». Por lo que «únicamente se requerirá más cemento si se utilizan agregados de tamaños máximos más pequeños» (p.134).
- «Para una misma relación agua-cemento, concretos preparados con los tamaños máximos menores tienen mayores resistencias que aquellos que tienen los tamaños máximos mayores»(p.134).

f) Fraguado del concreto

Acerca de este entorno, Sanchez de Guzman (2001) explica lo siguiente:

Otra causa que afecta la resistencia del concreto es la rapidez de endurecimiento, que presenta al pasar del estado plástico al estado endurecido, bajo ciertas y determinadas condiciones de tiempo y temperatura (proceso de fraguado)» (p. 135).

Por tal motivo, «la determinación del tiempo de fraguado es importante para saber si es necesario utilizar aditivos que controlen la velocidad del fraguado (retardantes o acelerantes)» (p. 135), con el fin de «regular los tiempos de mezclado y transporte, de manera que no se vaya a ver afectada ni la manejabilidad ni la resistencia de la mezcla» (p. 135).

El tiempo de fraguado es un valor relativo medido durante el proceso de endurecimiento. El método más utilizado (ASTM C-403) consiste en medir la «resistencia a la penetración que ofrece una muestra de mortero (concreto tamizado por la malla No. 4) colocada en un recipiente, al hacer presión con una aguja circular de extremo plano, hasta que ésta se haya hundido 1 pulgada» (p. 135). Para tal fin se «utilizan unas seis agujas, con áreas variables entre 1 y 1/40 pulgadas cuadradas» (p. 135).

g) Peso específico

El concreto convencional, normalmente usado en pavimentos, edificios y otras estructuras, tiene un peso específico (densidad, peso volumétrico, masa unitaria) que varía de 2200 hasta 2400 kg/m³ (137 hasta 150 libras/piés³). La densidad del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado (ocluido) o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. Por otro lado, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad.

h) Resistencia a la compresión

La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm²), mega pascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg² o psi) a una edad de 28 días. Un mega pascal equivale a la fuerza de un newton por milímetro cuadrado (N/mm²) o 10.2 kilogramos-fuerza por centímetro cuadrado. Se pueden usar otras edades para las pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y la resistencia en otras edades. La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 75% de la resistencia a los 28 días y las resistencias a los 56 y 90 días son aproximadamente 10% y 15% mayores que la resistencia a los 28 días. La resistencia a compresión especificada se designa con el símbolo F'_c y la resistencia a compresión real del concreto f'_c , debe excederla.

i) Esbeltez y volumen

Uno de los principales parámetros que tiene que ver con la geometría de las muestras que modifica la resistencia es la relación de esbeltez, esto es la relación entre la altura y la menor dimensión de las probetas (diámetro para los cilindros). Por efecto de la fricción entre la probeta y los cabezales de la máquina de ensayo se generan fuerzas transversales que provocan el confinamiento del hormigón en la zona de la probeta próxima a los extremos.

El fenómeno descrito hace que el ensayo de compresión resulte fuertemente afectado conforme la relación altura / diámetro de las probetas. El efecto es particularmente sensible cuando la esbeltez es menor que 2; por encima de este valor la influencia es mucho menos importante.

Otra variable que afecta los resultados es el volumen ensayado. A mayor volumen crece la posibilidad de encontrar una región más débil y se comprueba un decremento de la resistencia. Esto también es aplicable a solicitaciones de tracción. Algunas normativas incluyen factores de corrección para estimar la resistencia que se hubiera alcanzado con cilindros normalizados (150 x 300 mm).

Tabla 3 — Valor de K para diferentes formas de probetas

Tipo de probeta	Dimensiones (cm)	Valor de K
Cilindro	15 x 30	1.00
Cubo	15 x 15 x15	0.80
Prisma	15 x 15 x 45	1.05
Prisma	20 x 20 x 60	1.05

Extraído de (Sanchez De Guzman, 2001)

Tabla 4 — Ajuste por volumen en cilindros

Dimensiones del cilindro (d x h) en cm	5x10	7.5x15	15x30	20x40	30x60	40x80
Resistencia relativa	109	106	100	96	91	86

Extraído de (Balzamo et al., 2012)



Tabla 5 — Factor de corrección por altura – diámetro

Relación altura diámetro (h/d)	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87
0.75	0.73
0.50	0.60

Extraído de (Sanchez De Guzman, 2001)

3.2.2 Cemento portland

3.2.2.1 Definición

Neville (2013), «El cemento puede describirse como un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto. Esta definición comprende una gran variedad de materiales cementantes» (p. 1).

Para efectos de construcción, el significado del término cemento se restringe a materiales aglutinantes utilizados con piedras, arena, ladrillos, bloques de construcción, etc. Los principales componentes de este tipo de cemento son compuestos de cal, de modo que en construcción e ingeniería civil se trabaja con cementos calcáreos. Los cementos que se utilizan en la fabricación del concreto tienen la propiedad de fraguar y endurecer bajo o sumergidos en agua, en virtud de que experimentan una reacción química con ésta y, por lo tanto, se denominan cementos hidráulicos (Neville, 2013).

«Los cementos hidráulicos están compuestos principalmente por silicatos y aluminatos de cal y pueden clasificarse, en general, como cementos naturales, cementos portland y cementos de alta alúmina...» (Neville, 2013, p.1).

Kosmatka et al. (2004) lo describe a, «los cementos portland son cementos hidráulicos compuestos esencialmente de silicatos hidráulicos de calcio. Los cementos hidráulicos se fraguan y se cristalizan por la reacción química con el agua» (p.28). A lo largo de la reacción, se desarrolla la hidratación donde cemento se mezcla con el agua para constituir un cuerpo parecido a una roca, conocido como pasta.

Cuando se agreda la pasta (cemento y agua) a los áridos (arena y grava, piedra triturada, pedrejón u otro material granular), la pasta funciona como un aglutinante y adhiere los áridos para crear el concreto conocido como el material de construcción más versátil y más consumido en el mundo (Kosmatka et al., 2004).

Para Abanto Castillo (2009) afirma que:

El cemento portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas (p. 15).

3.2.2.2 Clinkerización

La mezcla de materias primas debidamente dosificadas, pulverizada, corregida, mezclada y homogeneizada se somete a continuación a un tratamiento térmico en grandes hornos rotatorios. El horno es un cilindro de acero de gran tamaño, recubierto de material refractario (Forro de ladrillos refractarios) para protegerlo del calentamiento y disminuir pérdida de calor por radiación, con un diámetro interior hasta de 5 m y una longitud que a veces alcanza 150 m, el cual gira lentamente alrededor de su eje. Está hecho con una ligera inclinación en relación con la horizontal, para que el material que se echa por la parte superior, baje lentamente hacia la salida inferior, a medida que el horno gira. En la salida inferior del horno se encuentran



grandes quemadores que proyectan hacia el interior un chorro encendido de ACPM, fuel - oil, gas o carbón pulverizado, donde la temperatura alcanza de 1400 a 1500 °C.

Tabla 6— Cambios ocurridos en el proceso de clinkerización dentro del horno

Temperatura	Proceso	Reacción
Hasta 100 °C	Evaporación de agua libre	Endotérmica
Por encima de 500 °C	Deshidratación de los minerales arcillosos	Endotérmica
800 °C	Liberación de CO ₂	Exotérmica
Por encima de 900 °C	Cristalización de los productos minerales descompuestos	Exotérmica
	Descomposición del carbonato	Endotérmica
De 900 °C a 1200 °C	Reacción del CaO con los silicoaluminatos	Exotérmica
De 1250°C a 1280 °C	Se inicia la formación de líquidos	Endotérmica
De 1280 °C a 1500 °C	Formación de líquidos y de los compuestos del cemento (clinkerización)	Endotérmica

Extraído de (Sanchez De Guzman, 2001)

3.2.2.3 Composición química

El cemento portland está constituido por óxidos principales y óxidos menores, dentro de los primeros se encuentran el óxido de calcio (CaO), la sílice (SiO₂), la alúmina (Al₂O₃) y el óxido de hierro (Fe₂O₃), que combinados forman aproximadamente el 90 % del cemento. El 10 % restante contiene principalmente óxido de magnesio (MgO), álcalis N₂O y K₂O, y trióxido de azufre (SO₃).

El cemento portland ha sufrido cambios en su composición a lo largo del tiempo, los que se reflejan principalmente en el aumento de CaO y la disminución en el contenido de SiO₂. La presencia y la proporción de los óxidos menores también se han modificado por el uso de distintos procesos, mineralizadores y nuevos combustibles alternativos.



Tabla 7 — Composición química del cemento portland

Constituyentes	Elemento	Notación abreviada	Proporción (%)	Total (%)
Principales	CaO	C	60.0 – 67.0	90.0
	SiO ₂	S	17.0 – 25.0	
	Al ₂ O ₃	A	3.0 – 8.0	
	Fe ₂ O ₃	F	0.5 – 6.0	
Secundarios	MgO	M	0.1 – 4.0	10.0
	Na ₂ O + K ₂ O	Álcalis	0.2 – 1.4	
	TiO ₂	-	0.1 – 0.4	
	P ₂ O ₅	-	0.1 – 0.3	
	SO ₃	S	1.0 – 4.5	

Extraído de (Balzamo et al., 2012)

3.2.2.4 Composición mineralógica

El clínker portland consta de cuatro componentes principales: el silicato tricálcico (C₃S), el silicato dicálcico (C₂S), el aluminato tricálcico (C₃A) y una fase que se aproxima al ferroaluminato tetracálcico (C₄AF). Se considera que estos compuestos constituyen el 90% del clínker portland.

En realidad, los silicatos que se encuentran en el clínker no son compuestos puros, pues contienen pequeñas cantidades de otros óxidos en soluciones sólidas. Estos óxidos tienen efectos importantes sobre el ordenamiento atómico, la forma cristalina y las propiedades hidráulicas de los silicatos y aluminatos.

Tabla 8 — Constituyentes principales del clínker portland

Compuesto	Formula química	Formula abreviada	Proporción (% clínker)
Silicato tricálcico	3CaO.SiO ₂	C ₃ S	30 – 70

Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	10 – 40
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	0 – 15
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	5 - 20

Extraído de (Balzamo et al., 2012)

El silicato tricálcico (C_3S). - Es el componente cemento Portland que genera una la alta resistencia cuando este está hidratado. La reacción del C_3S con agua emite una gran cantidad de calor (llamado calor de hidratación). La velocidad de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional con el calor de hidratación.

El silicato dicálcico (C_2S). - Es el responsable esencial de la resistencia futura de la pasta de cemento.

El aluminato tricálcico (C_3A). - El yeso adicionado al cemento Portland en el transcurso la molienda del proceso de fabricación se mezcla con el C_3A para controlar el tiempo de fraguado.

La aluminoferrita tetracálcica (C_4AF). - Es similar al C_3A , debido a que se hidrata con bastante rapidez, aunque sólo tiende a baja resistencia.

3.2.2.5 Hidratación del cemento

La reacción mediante la cual el cemento portland se transforma en un agente de enlace, se genera por los procesos químicos responsables de la formación de compuestos durante la hidratación, los cuales originan propiedades mecánicas útiles en las aplicaciones estructurales. Los fenómenos que ocurren durante la hidratación del cemento son sumamente complejos; sin embargo, existen algunos aspectos generales que permiten formarse una idea global de los procesos. Para comprender estos fenómenos, el estudio de las reacciones de hidratación del cemento suele hacerse sobre la pasta de cemento, la cual consiste en sólidos, agua y poros. Los sólidos son en realidad un conjunto de partículas que difieren en cuanto a su composición morfológica, química y calidad cementante. Los poros difieren principalmente en tamaño y, por lo tanto, controlan el movimiento y el

comportamiento del agua necesaria para los procesos químicos de hidratación.

3.2.2.6 Calor de hidratación

Para Abanto Castillo (2009):

Durante el proceso de endurecimiento se producen reacciones que generan calor. Cuando las secciones son pequeñas y el calor puede liberarse, el calor de hidratación no es importante, pero al vaciar grandes volúmenes de concreto y cuando el calor no puede liberarse fácilmente, resulta un factor a tenerse muy en cuenta; la temperatura que genera la hidratación llega a los 50°C en presas, algunos investigadores han observado temperaturas mayores. Como la temperatura ambiente es menor se producen descensos bruscos de ésta, ocasionando contracciones y en consecuencia rajaduras (p 17).

«En el vaciado de grandes volúmenes es indispensable controlar este efecto sino se desea sufrir desagradables sorpresas. Se debe usar cemento de bajo calor de hidratación y/o puzolanas» (Abanto Castillo, 2009, p. 17).

«El calor de hidratación del cemento se mide en calorías gramo, cuanto menor sea el calor de hidratación del cemento menor será la temperatura a que se eleve el concreto» (Abanto Castillo, 2009, p. 17).

Los calores de hidratación son:

$C_3S = 120 \text{ cal/g}$; $C_2S = 62 \text{ cal/g}$; $C_3A = 107 \text{ cal/g}$; $C_4AF = 100 \text{ cal/g}$

3.2.2.7 Tipos de cemento portland

Se fabrican diferentes tipos de cemento portland para satisfacer a varios requisitos físicos y químicos para aplicaciones específicas. Los cementos

portland se producen de acuerdo con las especificaciones ASTM C 150, AASHTO M 85 o ASTM C 1157.

La ASTM C 150, la norma de especificaciones estándar para el Cemento Portland (Standard Specification for Portland Cement), establece ocho tipos de cementos, utilizando los números romanos, como se indica: Tipo I Normal, tipo IA normal con aire incorporado, tipo II moderada resistencia a los sulfatos, tipo IIA moderada resistencia a los sulfatos con aire incorporado, tipo III alta resistencia inicial (alta resistencia temprana), tipo IIIA alta resistencia inicial con aire incorporado, tipo IV bajo calor de hidratación y tipo V alta resistencia a los sulfatos.

La norma AASHTO M85, establece Especificaciones para el Cemento Portland (Specification for Portland Cement), también utiliza cinco designaciones para el cemento portland del I al V. Los requisitos de la M 85 son prácticamente idénticos a los de la ASTM C 150.

a) Tipo I

Según Kosmatka et al. (2004), el cemento tipo I es un cemento para uso general, «adecuado para todos los tipos de requerimientos, donde las propiedades específicas de otros tipos cementos no sean necesarios. Sus usos en concreto abarcan pavimentos, pisos, edificios, puentes, reservorios, presas, unidades de mampostería y productos de concreto prefabricado y precolado» (p. 30).

b) Tipo II

El cemento tipo II se utiliza donde sean necesarias previsiones a los ataques de sulfatos. De la misma forma, Kosmatka et al. (2004), menciona que «se puede utilizar en estructuras tradicionales o en miembros expuestos a suelos o agua subterránea, donde la concentración de sulfatos sea más alta que la normal más no alcanza a ser severa» (pp. 30 - 32).



El cemento tipo II tiene propiedades de moderada resistencia a los sulfatos porque contiene no más del 8% de aluminato tricálcico (C_3A). Los sulfatos en suelos húmedos o en agua penetran en el concreto y reaccionan con el C_3A hidratado, ocasionando expansión, descascaramiento y agrietamiento del concreto. Algunos compuestos de sulfato, tales como los sulfatos de magnesio, atacan directamente el silicato de calcio hidratado (Kosmatka et al., 2004).

c) Tipo III

Según Kosmatka et al. (2004), el cemento tipo III presenta resistencia a edades tempranas, habitualmente una semana o menos. Este cemento es química y físicamente equivalente al cemento tipo I, con la particularidad de que sus partículas se trituran más finamente. Se emplea cuando se necesita quitar el encofrado lo más temprano posible o cuando la estructura será puesta en servicio rápidamente.

Su utilización en clima frío, «permite una reducción al tiempo de curado. Pese a que se puede tener un alto contenido de cemento tipo I para el desarrollo temprano de la resistencia, el cemento tipo III puede ofrecer esta propiedad más fácilmente y más económicamente» (Kosmatka et al., 2004, p. 34).

d) Tipo IV

El cemento tipo IV se utiliza cuando se deban minimizar la tasa y la cantidad de calor generado por la hidratación. De modo que, este cemento alcanza la resistencia en una tasa más lenta que otros tipos de cemento. Se puede usar el cemento tipo IV en estructuras de hormigón en masa (concreto masivo), tales como en grandes presas a gravedad, donde el incremento de temperatura emanada del calor generado en el proceso endurecimiento deba ser minimizada. El cemento tipo IV extraordinariamente está disponible en el mercado (Kosmatka et al., 2004).

e) **Tipo V**

El cemento tipo V se utiliza en concretos expuestos a la acción severa de sulfatos, principalmente donde el suelo y el agua subterránea tienen alta concentración de sulfatos. Su desarrollo de resistencia es más lento que en el cemento tipo I. La alta resistencia a los sulfatos del cemento tipo V se atribuye al bajo contenido de aluminato tricálcico, no excediendo a 5% (Kosmatka et al., 2004).

Al usar una baja relación agua, materiales cementantes y baja permeabilidad son fundamentales para el buen desempeño de cualquier estructura expuesta a los sulfatos, «incluso el concreto con cemento tipo V no puede soportar una exposición severa a los sulfatos si tiene alta relación agua- materiales cementantes» (Kosmatka et al., 2004, p. 34).

3.2.2.8 Tipos de cemento hidráulicos

Los cementos hidráulicos se fraguan y adquieren resistencia a compresión debido a su reacción química con el agua. Así mismo, se conservan duros y estables bajo el agua. Se utilizan en todas las obras de construcción con concreto. Todos los cementos portland y los cementos mezclados son cementos hidráulicos. “Cemento Hidráulico” es meramente un término según la ASTM C 219 (Kosmatka et al., 2004).

Kosmatka et al. (2004) explica que en los años 90 se crearon las especificaciones de desempeño para los cementos hidráulicos – ASTM C 1157. Esta especificación se indica genéricamente para los cementos hidráulicos que incluyen al cemento portland, cemento portland modificado y cemento hidráulico mezclado. Los cementos de acuerdo con los requisitos de la C 1157 satisfacen a los requisitos de ensayos de desempeño físico, contraponiéndose a las restricciones de ingredientes o de composición química del cemento, los cuales se pueden encontrar

en otras especificaciones. La ASTM C 1157 muestra seis tipos de cementos hidráulicos:

- “Tipo GU, de uso general”.
- “Tipo HE, de alta resistencia inicial”.
- “Tipo MS, de moderada resistencia a los sulfatos”.
- “Tipo HS de alta resistencia a los sulfatos”.
- “Tipo MH, de Moderado calor de hidratación”.
- “Tipo LH, de bajo calor de hidratación”.

a) Tipo GU

El cemento de uso general tipo GU es adecuado para todas las aplicaciones donde las propiedades especiales de los otros tipos no sean necesarias Kosmatka et al. (2004).

«Su uso en concreto incluye pavimentos, pisos, edificios en concreto armado, puentes, tubería, productos de concreto prefabricado y otras aplicaciones donde se usa el cemento tipo I» (Kosmatka et al. (2004, p. 37).

b) Tipo HE

Según Kosmatka et al. (2004), afirma que «el cemento tipo HE proporciona alta resistencia en edades tempranas, usualmente menos de una semana. Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland tipo III» (p. 37).

c) Tipo MS

El cemento tipo MS se emplea donde sean importantes las precauciones contra el ataque moderado por los sulfatos, tales como en estructuras de drenaje, donde las concentraciones de sulfatos en el agua subterráneo son mayores que lo normal pero no llegan a ser severas (Kosmatka et al. (2004).

Para Kosmatka et al. (2004), este cemento «se usa de la misma manera que el cemento portland tipo II. Como el tipo II, se debe preparar el concreto de cemento tipo MS con baja relación agua materiales cementantes para que se garantice la resistencia a los sulfatos» (p. 37).

d) Tipo HS

«El cemento tipo HS se usa en concreto expuesto a la acción severa de los sulfatos principalmente donde el suelo o el agua subterránea tienen altas concentraciones de sulfato. Este cemento se emplea igual que el cemento portland tipo V» (Kosmatka et al., 2004, p. 38).

e) Tipo MH

«El cemento tipo MH se usa donde el concreto necesita tener un calor de hidratación moderado y se deba controlar el aumento de la temperatura. El cemento tipo MH se emplea igual que el cemento portland tipo II» (Kosmatka et al., 2004, p. 38).

f) Tipo LH

El cemento tipo LH se usa donde el incremento y la cantidad del calor generado por la hidratación deben ser minimizadas. Este cemento desarrolla resistencia en una tasa de tiempo más lenta que los otros cementos. El cemento tipo LH se utiliza en estructuras de grandes masas de concreto en donde se deba minimizar el aumento de la temperatura resultante del calor generado durante el endurecimiento. Este cemento se usa del mismo modo que el cemento portland tipo IV (Kosmatka et al., 2004).

3.2.2.9 Tipos de cementos hidráulicos adicionados

La American Society of Testing Materials C 595 “establece cinco clases principales de cementos adicionados :

- Tipo IS Cemento portland alto horno .
- Tipo IP y Tipo P Cemento portland puzolánico .
- Tipo I (PM) Cemento portland modificado con puzolana .



- Tipo S Cemento de escoria o siderúrgico .
- Tipo I (SM) Cemento portland modificado con escoria

a) Tipo IS

Se puede usar el cemento portland de alto horno, tipo IS, para la construcción en concreto en general. El uso histórico de cementos mezclados con escorias data del inicio del siglo XX en Europa, Japón y América del Norte (Abrams 1925). En la producción de estos cementos, la escoria granulada de alto horno tanto se muele juntamente con el clínker del cemento portland como se la muele separadamente y se la mezcla con el cemento portland o entonces se lo produce con la combinación de molienda conjunta y mezclado. El contenido de escoria de alto horno en este cemento está entre 25% y 70% de la masa del cemento. Hay otras subcategorías (propiedades especiales opcionales) tales como aire incluido, moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación que se especifican con la adición de los sufijos A, MS, MH (Kosmatka et al., 2004).

«Por ejemplo, un cemento portland de alto horno con aire incluido que tiene moderada resistencia a los sulfatos sería llamado Tipo IS-A (MS)» (Kosmatka et al., 2004, p. 36).

b) Tipo IP y Tipo P

Los cementos portland puzolánicos se designan como tipo IP o tipo P. El tipo IP se lo puede usar para la construcción en general y el tipo P se usa en construcciones que no requieran altas resistencias iniciales. Se fabrican estos cementos a través de la molienda conjunta del clínker de cemento portland con una puzolana adecuada, o por el mezclado de cemento portland o cemento de alto horno con puzolana, o por la combinación de la molienda y del mezclado. El contenido de puzolana de estos cementos está entre 15% y 40% de la masa del cemento. Los ensayos de laboratorio indican que el desempeño de los concretos

preparados con el cemento tipo IP es similar al concreto del cemento tipo I (Kosmatka et al., 2004).

Se puede explicar, Kosmatka et al. (2004) que el «tipo IP con aire incluido, tiene moderada resistencia a sulfatos, ...calor de hidratación por la adición de los sufijos A, MS o MH; tipo P con bajo calor de hidratación (LH), moderada resistencia a sulfatos (MS) o aire incorporado (A)» (p. 36).

c) Tipo I (PM)

Para Kosmatka et al. (2004) «los cementos portland modificados con puzolana, Tipo I(PM), se usan en construcciones de concreto en general. El cemento se fabrica con la combinación del cemento portland o el cemento portland de alto horno y una puzolana fina» (p. 36).

Esta combinación se puede lograr por: (1) el mezclado del cemento portland con la puzolana, (2) el mezclado del cemento portland de alto horno con a puzolana, (3) la molienda conjunta del cemento portland y de la puzolana o (4) la combinación de la molienda y el mezclado. El contenido de puzolana es menor que 15% de la masa del cemento final. Se puede especificar aire incorporado, moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación en cualquier combinación por la adición de los sufijos A, MS o MH (Kosmatka et al., 2004).

«Un ejemplo del cemento tipo I (PM) con aire incorporado y moderado calor de hidratación sería designado con el tipo I (PM)-A(MH)» (Kosmatka et al., 2004, p. 36).

d) Tipo S

El cemento de escoria de alto horno se usa con el cemento portland para la confección de concreto o con cal para el preparo de mortero, pero no se lo emplea separadamente en concreto estructural. El cemento de escoria se produce por: (1) mezclado de la escoria granulada de alto

horno y el cemento portland, (2) mezclado de la escoria granulada de alto horno con la cal hidratada o (3) mezclado de una combinación de escoria granulada de alto horno, cemento portland y cal hidratada (Kosmatka et al., 2004).

«El contenido mínimo de escoria es del 70% de la masa del cemento. Se puede especificar el aire incluido en el cemento de escoria con la adición del sufijo A, por ejemplo, tipo S-A» (pp. 36 - 37).

e) Tipo I (SM)

El cemento portland tipo I(SM) adicionado con escoria, se emplea en construcciones de concreto en general. Este cemento se fabrica mediante: (1) trituración conjunta del clínker de cemento portland junto con la escoria granulada de alto horno, y (2) mezcla del cemento portland con la escoria granulada de alto horno finamente pulverizada o adicionalmente (3) una combinación de trituración y mezcla. Si el contenido de escoria es menor al 25% de la masa final del cemento. Se lo puede especificar con aire incorporado, moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación a través de la adición de los sufijos A, MS o MH. Una muestra sería el cemento tipo I(SM)-A (MH) para el cemento portland modificado con escoria y aire incorporado y moderada resistencia a los sulfatos (Kosmatka et al., 2004).

3.2.3 Aditivos

3.2.3.1 Definición

«Se denomina aditivo a las sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades y hacerlo mejor para el fin a que se destine» (Abanto Castillo, 2009, p. 43).



Para el Comité ACI – 212, menciona que conjuntamente del cemento portland, de los agregados y el agua, tenemos a los aditivos como ingrediente que se incorporan a la mezcla seguidamente antes o durante el mezclado.

«Sustancia química, dosificada, por debajo del 5% del peso del cemento, diferente a los agregados, cemento, agua y armaduras, que se agrega a la mezcla de hormigón, mortero... durante su elaboración o directamente en obra al material ya preparado» (Balzamo et al., 2012, p. 165), con el objetivo de «modificar una o varias de sus propiedades físicas, de tal manera que el material se adapte mejor a las características de la estructura, el encofrado, la obra o a las necesidades de los constructores» (Balzamo et al., 2012, p. 165).

3.2.3.2 Razones para utilizar aditivos

Para Abanto Castillo (2009), «los aditivos son utilizados principalmente para mejorar una o varias de las siguientes características del concreto» (p. 43):

- Aumentar la trabajabilidad, sin modificar el contenido del agua.
- Retardar o acelerar el tiempo de fraguado inicial.
- Acelerar el desarrollo de la resistencia en la primera edad.
- Modificar la velocidad de producción de calor de hidratación.
- Reducir la exudación y sangrado.
- Incrementar la durabilidad o resistencia en condiciones severas de exposición.
- Reducir la permeabilidad a los líquidos.
- Disminuir la segregación.
- Reducir la contracción.
- Incrementar la adherencia del concreto viejo y nuevo.
- Mejorar la adherencia del concreto con el refuerzo

3.2.3.3 Tipos de aditivos

Para Neville (2013) «los aditivos se clasifican comúnmente por su función en el concreto» (pp. 167 - 168):

- Tipo A Reductores de agua .
- Tipo B Retardantes
- Tipo C Acelerantes
- Tipo D Reductores de agua y retardantes
- Tipo E Reductores de agua y acelerantes
- Tipo F Reductores de agua de alto rango o superfluidificantes .
- Tipo G Reductores de agua de alto rango y retardantes, superfluidificantes y retardantes.

3.2.3.4 Aditivo acelerante

«Para abreviar, los aditivos de la norma ASTM Tipo C serán mencionados como acelerantes. Su función es primordialmente. acelerar el desarrollo temprano de resistencia del concreto, esto es el endurecimiento, aunque también pueden acelerar coincidentemente el fraguado del concreto...» (Neville, 2013, p. 168).

Para Neville (2013), menciona que se pueden usar «...acelerantes cuando el concreto estará a bajas temperaturas, de 2 a 4 ° C, en la elaboración de concreto prefabricado... al utilizar un acelerante... permite el acabado más temprano la superficie de concreto ..., y rápido servicio de la estructura» (p. 168).

«Inversamente, a temperaturas altas, los acelerantes pueden dar por resultado una velocidad demasiado alta de desarrollo de calor de hidratación y el agrietamiento por contracción» (Neville, 2013, p. 168).

«Aunque se usan muchas veces a temperaturas muy bajas, los acelerantes no son agentes anticongelantes; rebajan la temperatura de congelación del concreto, pero no más de 2 °C, así que siempre se deberán tomar las precauciones habituales...» (Neville, 2013, p. 168).



Acerca de este entorno, Neville (2013) explica que el acelerante más empleado fue «el cloruro de calcio, ...es efectivo para acelerar la hidratación de los silicatos de calcio, principalmente el C_3S , por un cambio ligero en la alcalinidad del agua de poros o como un catalizador en las reacciones de hidratación» (p. 168). Aún cuando el mecanismo de esta acción se cree todavía deficientemente, «...el cloruro de calcio es un acelerante efectivo y barato, pero tiene un defecto serio: la presencia de iones de cloruro en la vecindad del refuerzo de acero u otro acero embebido, favorece en alto grado a la corrosión...» (Neville, 2013, p. 168).

Así mismo las reacciones de corrosión ocurren sólo en presencia de agua y oxígeno, los riesgos concomitantes a la presencia de iones de cloruro en el concreto que contiene acero son tales que el cloruro de calcio nunca deberá incorporarse en el concreto reforzado; en el concreto presforzado, los riesgos son todavía mayores. En consecuencia, varias normas y reglamentos prohíben el empleo de cloruro de calcio en concreto que contenga acero o aluminio embebido. Es más, su uso puede ser desaconsejable hasta en el concreto sin reforzar cuando la durabilidad de este puede ser perjudicada por agentes exteriores. Por ejemplo, la resistencia del cemento al ataque de sulfatos se reduce por la adición de $CaCl_2$ en mezclas pobres, y se aumenta el riesgo de una reacción álcali agregado, cuando el agregado es reactivo. Sin embargo, cuando esta reacción es controlada efectivamente por el uso de cemento de bajo álcali y por la adición de puzolanas, el efecto del $CaCl_2$ es muy pequeño. Otra característica indeseable de la adición de $CaCl_2$ es que aumenta la contracción por secado usualmente de 10 a 15 por ciento, y algunas veces hasta más, y posiblemente también aumenta el flujo plástico (Neville, 2013, p. 167).

De acuerdo a Kosmatka et al. (2004) «los aditivos aceleradores (acelerantes) se usan para acelerar la tasa de hidratación (fraguado) y el desarrollo de la resistencia del concreto en edades tempranas» (p. 144). Así mismo, es usado para la mejora de la resistencia del concreto, por lo que se puede apresurar por otros técnicos: «(1) usando cemento alta resistencia inicial, (2) bajando la relación agua -cemento, mediante la adición de 60 a 120 kg/m³ (100 a



200 lb/yd³) de cemento, (3) usando un reductor de agua o (4) curando el concreto a altas temperaturas» (Kosmatka et al., 2004, p. 144).

«El cloruro de calcio (CaCl₂) es el compuesto químico más comúnmente empleado en aditivos aceleradores, especialmente en concretos sin armadura y debe obedecer los requisitos de la ASTM D 98» (Kosmatka et al., 2004, p. 144).

«Usar aceleradores a base de cloruro de calcio resulto muchos datos y experiencia... sobre las propiedades del concreto. Acelera el desarrollo de resistencia, aumento de contracción por secado, corrosión potencial de la armadura, decoloración del concreto y aumento de descascaramiento» (Kosmatka et al., 2004, p. 144).

3.2.4 Agregados

3.2.4.1 Definición

Acerca de esta definición, Abanto Castillo (2009), «Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros» (p. 23).

«La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto» (Abanto Castillo, 2009, p. 23).

Por lo anterior, es «importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta de cemento» (p. 23).

Para Niño Hernández (2010) «la calidad de los agregados está determinada por el origen, por su distribución granulométrica, densidad, forma y superficie» (p. 55). Cabe mencionar que se han «clasificado en agregado grueso y agregado fino, fijando un valor en tamaño de 4,76 mm a 0,075 mm



para el fino o arena y de 4,76 mm en adelante para el grueso» (Niño Hernández, 2010, p. 55).

3.2.4.2 Clasificación de los agregados

Para Abanto Castillo (2009, p. 23) explica que «los agregados naturales se clasifican en: agregados finos (arena fina, arena gruesa) y agregados gruesos (grava, piedra)».

3.2.4.3 Agregado fino

a) Definición

«Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037» (Abanto Castillo, 2009, p. 23).

«Las arenas provienen de la desintegración natural de las rocas; y que arrastrados por corrientes aéreas o fluviales se acumulan en lugares determinados» (Abanto Castillo, 2009, p. 24).

Acerca del agregado fino, Rivva López (2000) lo define como «agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el Tamiz NTP 9.4 mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33» (p. 179).

El agregado podrá consistir de arena natural o fabricada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes, libres de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto (Rivva López, 2000, pp. 179 – 180).



b) Granulometría

Acerca de la granulometría, Rivva López (2000) explica que «el agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la Normas NTP 400.037 o ASTM C 33» (p. 180). Por lo que, para una granulometría selecta «será preferentemente uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la Serie Tyler. Se recomiendan para el agregado los siguientes límites» (Rivva López, 2000, p. 180).

Tabla 9 — Límites de granulometría para el agregado fino

Tamiz		% que pasa
3/8"	9.5 mm	100
Número. 4	4.75 mm	95 a 100
Número. 8	2.36 mm	80 a 100
Número. 16	1.18 mm	50 a 85
Número. 30	600 um	25 a 60
Número. 50	300 um	10 a 30
Número. 100	150 um	2 a 10

Extraído de Norma ASTM C-33 o NTP 400.037

Tabla 10 — Clasificación de la arena según el módulo de finura

Tipo	Módulo de finura
Gruesa	2.9 – 3.2 gramos
Media	2.2 – 2.9 gramos
Fina	1.5 – 2.2 gramos
Muy fina	1.5 gramos

Extraído de Norma ASTM C-33 o NTP 400.037

3.2.4.4 Agregado grueso

a) Definición

Acerca del agregado grueso, Rivva López (2000), lo define como «agregado grueso al material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33» (p. 182). Así mismo se puede consistir de «piedra partida, grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o una combinación; ...conformado por partículas



cuyo perfil angular o semiangular, limpias, duras, compactas, resistentes, de textura rugosa, y libres de material escamoso o partículas blandas» (Rivva López, 2000, p. 182).

b) Gravas

Usualmente denominados "canto rodado", de acuerdo a Abanto Castillo (2009), «es el conjunto de pequeños fragmentos de roca, procedentes de la disgregación, natural de las rocas, por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural» (p. 26). Por lo que «cada fragmento ha perdido sus aristas vivas y se presentan en forma más o menos redondeadas. Las gravas pesan de 1600 a 1700 kg/m³» (Abanto Castillo, 2009, p. 26).

c) Piedra partida o chancada

Para Abanto Castillo (2009) lo define como, «al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente» (p. 26). Donde su oficio fundamental es de «dar volumen y aportar su propia resistencia. Los ensayos indican que la piedra chancada o partida da concretos ligeramente más resistentes que los hechos con piedra redonda. El peso de la piedra chancada se estima en 1450 a 1500 kg/m³» (Abanto Castillo, 2009, p. 26).

d) Granulometría

Para una granulometría, el agregado grueso su graduación considerará los límites desarrollados en la Tabla 11, para mallas de la Serie Tyler. La granulometría selecta «deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de distribución de la mezcla» (Rivva López, 2000, p. 162).



Tabla 11 — Límites de granulometría para agregado grueso

Tamaño Nominal	% que pasa por las siguientes mallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0.5	-
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0.5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0.1	0.5
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0.1	0.5
1/2"	-	-	-	100	90-100	40-70	0.15	0.5
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0.1

Extraído de Norma ASTM C-33 o NTP 400.037

e) Tamaño máximo

Para la NTP 400.037 (2014, p. 6), «el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso» en un 100%.

f) Tamaño máximo nominal

De acuerdo a la NTP 400.037 (2014, p. 6), «se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido».

3.2.4.5 Propiedades físicas de los agregados

a) Densidad

Dependerá de la gravedad específica de sus componentes sólidos así mismo de la porosidad del material, para Rivva López (2000), «la densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción» (p. 137).

b) Peso unitario

Es 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 (Rivva López, 2000).

«Por ejemplo, para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento» (Rivva López, 2000, p. 152).

c) Contenido de humedad

«Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla» (Rivva López, 2000, p. 159).

d) Porcentaje de vacíos

«Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario» (Rivva López, 2000, p. 157).

e) Porosidad

Para Rivva López (2000), «la palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades físicas del agregado» (pp. 137 - 138) Así mismo influye en las otras propiedades de éste, el cual «tiene influencia en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad» (Rivva López, 2000, p. 138).

f) Módulo de fineza

Se define al módulo de fineza como un índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado Se define como la suma de los

porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3"; 1 1/2", 3/4"; 3/8"; N° 4; N° 8; N° 16; N° 30; N° 50; y N° 100, dividida entre 100. Gran número de granulometrías de agregados fino o grueso, o la combinación de ambos, pueden dar un módulo de fineza determinado (Rivva López, 2000).

«Esta es la principal desventaja del empleo de este factor, el cual se utiliza como un índice de control de uniformidad de materiales» (Rivva López, 2000, p. 166).

3.2.4.6 Propiedades mecánicas de los agregados

a) Resistencia

Para Rivva López (2000), la resistencia de los agregados dependerá de «la textura, estructura y composición de las partículas de agregado, la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles» (p. 139). Por lo que «la resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total del matriz cementante» (Rivva López, 2000, p. 139).

b) Dureza

Para Rivva López (2000), define como «dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes» (p. 137). Acerca de ello «entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas» (Rivva López, 2000, p. 137).

c) Módulo de elasticidad

«El módulo de elasticidad es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones» (Rivva López, 2000, p. 140).



Así mismo, para Rivva López (2000), es «inusual su determinación en los agregados, pero el concreto experimentará deformaciones siendo razonable intuir que los agregados también tienen elasticidades acordes al tipo de concreto. El valor del módulo de elasticidad influye el escurrimiento plástico y las contracciones a presentarse» (Rivva López, 2000).

d) Tenacidad

«Propiedad mecánica de los agregados, está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material» (Sanchez De Guzman, 2001, p. 99).

3.2.5 Agua

3.2.5.1 Definición

Para Rivva López (2000) el agua presente en «la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr la formación de gel y permitir que el conjunto de la masa adquiera propiedades» (p.254), ya que el concreto «en estado no endurecido faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma; y en estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas» (Rivva López, 2000, p. 254).

3.2.5.2 Requisitos de calidad

Para Rivva López (2000), considera que «el agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia, potable» (p. 254).

No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse, a continuación, se presenta, en partes por millón, los valores aceptados como máximos para el agua utilizada en el concreto (Rivva López, 2000).



Tabla 12 — Valores máximos para el agua utilizada en el concreto

Sustancias disueltas	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Extraído de NTP 339.088

3.3 Marco conceptual

- a) **Acelerante.** «Son componentes de naturaleza orgánica o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco» (American Concrete Institute).
- b) **Aditivos.** «Un material distinto del agua, de los agregados y cemento hidráulico que se usa como componente del concreto o mortero» (Norma ASTM C 125).
- c) **Aditivo acelerador de fraguado.** «Aditivo que reduce el tiempo de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al rígido» (American Concrete Institute).
- d) **Aditivo retardador de fraguado.** «Aditivo que aumenta el tiempo del principio de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al estado rígido» (American Concrete Institute).
- e) **Concreto.** «El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia» (Abanto Castillo, 2009, p.11).
- f) **Concreto fresco.** Se le define así al concreto en estado plástico, cuando aún no ha sido iniciado su proceso de fraguado. El concreto fresco debe ser adecuado para la obra particular a la que se destine, en especial su docilidad que debe permitir recibirlo, transportarlo, colocarlo en los encofrados y terminarlo con los medios disponibles (Neville, 2013).

- «Durante estas actividades no debe producirse ninguna segregación de los materiales componentes, en especial el agua. Una vez terminada la colocación del concreto en los encofrados, debe ser homogéneo, compacto y uniforme» (Neville, 2013).
- g) **Concreto endurecido.** «Estado físico del concreto donde se caracteriza por su dureza y rigidez, que se produce cuando termina el fraguado, a partir de la cual, el conjunto de materiales granulares, pulverulentos y agua, se han convertido en una verdadera piedra artificial» (Neville, 2013).
- h) **Diseño de mezcla.** “Proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuados y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador indicados en los planos y/o las especificaciones de la obra” (American Concrete Institute).
- i) **Cemento HE.** «El cemento tipo HE proporciona alta resistencia en edades tempranas, usualmente menos de una semana. Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland tipo III» (Kosmatka et al., 2004, p. 37).
- j) **Esfuerzo.** Balzamo et al. (2012) explican que los esfuerzos son la magnitud de fuerzas internas por unidad de área producidas por cargas externas, Cuando las fuerzas son paralelas al plano, el esfuerzo es llamado esfuerzo cortante. Cuando las fuerzas son normales al plano, el esfuerzo es llamado normal. Cuando el esfuerzo normal está dirigido hacia la parte en que actúa, es llamado esfuerzo de compresión. Cuando está dirigido hacia afuera de la parte en que actúa, es llamado esfuerzo de tensión
- k) **Fraguado.** El fraguado inicia con la pérdida de viscosidad de la pasta, en el momento en que esta deja de ser deformable bajo cargas relativamente pequeñas y empieza el proceso de endurecimiento, en el que la estructura del cemento va adquiriendo resistencia mecánica. En el estado final de fraguado, debe iniciarse el proceso de curado. Durante el fraguado del concreto, es muy importante la determinación de los tiempos para saber si es necesario utilizar aditivos que controlen la velocidad de secado, ya que factores como la temperatura afectan la velocidad con que se hidrata el cemento, implicando retrasos en los tiempos de fraguado y el posterior endurecimiento y desarrollo de resistencia del concreto (Balzamo et al., 2012).

1) **Resistencia a la compresión.**

Para Abanto Castillo (2009) «la resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión» (p. 50).

La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura) (Abanto Castillo, 2009, pp. 50 - 51).

«La resistencia a la compresión de un concreto ($f'c$) debe ser alcanzado a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado respectivo» (Abanto Castillo, 2009, p.51).



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

Según el fin que persigue esta investigación es de tipo aplicada ya que pretende reducir tiempos en la construcción disminuyendo el tiempo de fraguado del concreto e incrementando la resistencia inicial a la compresión del concreto.

4.1.2 Nivel de investigación

La presente investigación es de nivel explicativa o causal, ya que se establecerán relaciones de causa – efecto entre las variables independientes (diseño de mezcla con cemento HE, diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y diseño de mezcla convencional) y la variable dependiente resistencia a la compresión del concreto.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es experimental del subtipo diseño únicamente con posprueba y grupos de control, ya que se manipularán variables a través de la existencia de grupos de estudio los cuales son los grupos experimentales y grupos de control, pero dichos grupos no son producto del azar. Los grupos experimentales serán denotados por G₁, G₂ y G₃; y los grupos de control denotados por G₄ y G₅.

- G₁: Grupo experimental 1 está conformado por 48 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura elaborados mediante el diseño de mezcla con cemento tipo HE.
- G₂: Grupo experimental 2 está conformado por 48 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura elaborados mediante el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento HE.
- G₃: Grupo experimental 3 está conformado por 48 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura elaborados mediante el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.



- G₄: Grupo de control 1 está conformado por 48 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura elaborados mediante el diseño de mezcla convencional con cemento tipo I.
- G₅: Grupo de control 2 está conformado por 48 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura elaborados mediante el diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP.

G₁	X₁	O₁
G₂	X₂	O₂
G₃	X₃	O₃
G₄	—	O₄
G₅	—	O₅

Figura 1 — Diseño de la investigación

Donde:

X₁: Cemento tipo HE.

X₂: Aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.

X₃: Aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.

O_{1, 2, 3, 4, 5}: Medición de la resistencia a la compresión de los testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura a diferentes edades.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

La población a estudiar serán testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura, por cada uno de los seis diseños planteados a continuación.

- Diseño de mezcla con cemento tipo HE.
- Diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.
- Diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.
- Diseño de mezcla convencional con cemento tipo I.
- Diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP.

4.3.2 Muestra

La muestra es de tipo censal y se divide en los siguientes grupos:

- **Grupo Experimental 1 (G₁):** 48 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura, elaborados con un diseño de mezcla con cemento tipo HE.
- **Grupo Experimental 2 (G₂):** 48 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura, elaborados con un diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.
- **Grupo Experimental 3 (G₃):** 48 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura, elaborados con un diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.
- **Grupo de control 1 (G₄):** 48 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura, elaborados mediante un diseño de mezcla convencional con cemento tipo I.
- **Grupo de control 2 (G₅):** 48 testigos cilíndricos de concreto de 4” de diámetro y 8” de altura, elaborados mediante un diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP.

Tabla 13 — Muestra de probetas del Grupo experimental 1 (G₁)

Edad de ensayo	Grupo experimental 1 (G ₁)			Edad de ensayo	Grupo experimental 1 (G ₁)		
1 día	HE1-1 	HE1-2 	HE1-3 	5 días	HE5-1 	HE5-2 	HE5-3 
	HE1-4 	HE1-5 	HE1-6 		HE5-4 	HE5-5 	HE5-6 
2 días	HE2-1 	HE2-2 	HE2-3 	7 días	HE7-1 	HE7-2 	HE7-3 
	HE2-4 	HE2-5 	HE2-6 		HE7-4 	HE7-5 	HE7-6 
3 días	HE3-1 	HE3-2 	HE3-3 	14 días	HE14-1 	HE14-2 	HE14-3 
	HE3-4 	HE3-5 	HE3-6 		HE14-4 	HE14-5 	HE14-6 
4 días	HE4-1 	HE4-2 	HE4-3 	28 días	HE28-1 	HE28-2 	HE28-3 
	HE4-4 	HE4-5 	HE4-6 		HE28-4 	HE28-5 	HE28-6 

En la Tabla 13 se presentan la cantidad de las probetas de concreto que se realizaran con el diseño de mezcla con cemento tipo HE correspondiente al Grupo experimental 1 (G₁), 6 muestras de acuerdo a cada edad de ensayo, la nomenclatura **HE1-5**, “**HE**” nos indica que pertenece al Grupo de experimental 1 (G₁), “**1**” significa la edad de ensayo 1 día, y “**5**” indica que es la muestra número 5 que pertenece a una determinada edad de ensayo.



Tabla 14 — Muestra de probetas del Grupo experimental 2 (G₂)

Edad de ensayo	Grupo experimental 2 (G ₂)			Edad de ensayo	Grupo experimental 2 (G ₂)		
1 día	HEA1-1 	HEA1-2 	HEA1-3 	5 días	HEA5-1 	HEA5-2 	HEA5-3 
	HEA1-4 	HEA1-5 	HEA1-6 		HEA5-4 	HEA5-5 	HEA5-6 
2 días	HEA2-1 	HEA2-2 	HEA2-3 	7 días	HEA7-1 	HEA7-2 	HEA7-3 
	HEA2-4 	HEA2-5 	HEA2-6 		HEA7-4 	HEA7-5 	HEA7-6 
3 días	HEA3-1 	HEA3-2 	HEA3-3 	14 días	HEA14-1 	HEA14-2 	HEA14-3 
	HEA3-4 	HEA3-5 	HEA3-6 		HEA14-4 	HEA14-5 	HEA14-6 
4 días	HEA4-1 	HEA4-2 	HEA4-3 	28 días	HEA28-1 	HEA28-2 	HEA28-3 
	HEA4-4 	HEA4-5 	HEA4-6 		HEA28-4 	HEA28-5 	HEA28-6 

En la Tabla 14 se presentan la cantidad de las probetas de concreto que se realizaran con el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE correspondiente al Grupo experimental 2 (G₂), 6 muestras de acuerdo a cada edad de ensayo, la nomenclatura **HEA5-4**, “**HEA**” nos indica que pertenece al Grupo de experimental 2 (G₂), “**5**” significa la edad de ensayo 5 días, y “**4**” indica que es la muestra número 4 que pertenece a una determinada edad de ensayo.



Tabla 15 — Muestra de probetas del Grupo experimental 3 (G₃)

Edad de ensayo	Grupo experimental 3 (G ₃)			Edad de ensayo	Grupo experimental 3 (G ₃)		
1 día	IA1-1 	IA1-2 	IA1-3 	5 días	IA5-1 	IA5-2 	IA5-3 
	IA1-4 	IA1-5 	IA1-6 		IA5-4 	IA5-5 	IA5-6 
2 días	IA2-1 	IA2-2 	IA2-3 	7 días	IA7-1 	IA7-2 	IA7-3 
	IA2-4 	IA2-5 	IA2-6 		IA7-4 	IA7-5 	IA7-6 
3 días	IA3-1 	IA3-2 	IA3-3 	14 días	IA14-1 	IA14-2 	IA14-3 
	IA3-4 	IA3-5 	IA3-6 		IA14-4 	IA14-5 	IA14-6 
4 días	IA4-1 	IA4-2 	IA4-3 	28 días	IA28-1 	IA28-2 	IA28-3 
	IA4-4 	IA4-5 	IA4-6 		IA28-4 	IA28-5 	IA28-6 

En la Tabla 15 se presentan la cantidad de las probetas de concreto que se realizaran con el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I correspondiente al Grupo experimental 3 (G₃), 6 muestras de acuerdo a cada edad de ensayo, la nomenclatura **IA14-6**, “IA” nos indica que pertenece al Grupo experimental 3 (G₃), “14” significa la edad de ensayo 14 días, y “6” indica que es la muestra número 6 que pertenece a una determinada edad de ensayo.



Tabla 16 — Muestra de probetas del Grupo de control 1 (G₄)

Edad de ensayo	Grupo de control 1 (G ₄)			Edad de ensayo	Grupo control 1 (G ₄)		
1 día	I1-1 	I1-2 	I1-3 	5 días	I5-1 	I5-2 	I5-3 
	I1-4 	I1-5 	I1-6 		I5-4 	I5-5 	I5-6 
2 días	I2-1 	I2-2 	I2-3 	7 días	I7-1 	I7-2 	I7-3 
	I2-4 	I2-5 	I2-6 		I7-4 	I7-5 	I7-6 
3 días	I3-1 	I3-2 	I3-3 	14 días	I14-1 	I14-2 	I14-3 
	I3-4 	I3-5 	I3-6 		I14-4 	I14-5 	I14-6 
4 días	I4-1 	I4-2 	I4-3 	28 días	I28-1 	I28-2 	I28-3 
	I4-4 	I4-5 	I4-6 		I28-4 	I28-5 	I28-6 

En la Tabla 16 se presentan la cantidad de las probetas de concreto que se realizaran con el diseño de mezcla convencional con cemento tipo I correspondiente al Grupo de Control 1 (G₄), 6 muestras de acuerdo a cada edad de ensayo, la nomenclatura **I4-5**, “**I**” nos indica que pertenece al Grupo de Control 1 (G₄), “**4**” significa la edad de ensayo 4 días, y “**5**” indica que es la muestra número 5 que pertenece a una determinada edad de ensayo.



Tabla 17 — Muestra de probetas del Grupo de control 2 (G₅)

Edad de ensayo	Grupo de control 2 (G ₅)			Edad de ensayo	Grupo control 2 (G ₅)		
1 día	IP1-1 	IP1-2 	IP1-3 	5 días	IP5-1 	IP5-2 	IP5-3 
	IP1-4 	IP1-5 	IP1-6 		IP5-4 	IP5-5 	IP5-6 
2 días	IP2-1 	IP2-2 	IP2-3 	7 días	IP7-1 	IP7-2 	IP7-3 
	IP2-4 	IP2-5 	IP2-6 		IP7-4 	IP7-5 	IP7-6 
3 días	IP3-1 	IP3-2 	IP3-3 	14 días	IP14-1 	IP14-2 	IP14-3 
	IP3-4 	IP3-5 	IP3-6 		IP14-4 	IP14-5 	IP14-6 
4 días	IP4-1 	IP4-2 	IP4-3 	28 días	IP28-1 	IP28-2 	IP28-3 
	IP4-4 	IP4-5 	IP4-6 		IP28-4 	IP28-5 	IP28-6 

En la Tabla 17 se presentan la cantidad de las probetas de concreto que se realizaran con el diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP correspondiente al Grupo de Control 2 (G₅), 6 muestras de acuerdo a cada edad de ensayo, la nomenclatura **IP7-4**, “IP” nos indica que pertenece al Grupo de Control 2 (G₅), “7” significa la edad de ensayo 7 días, y “4” indica que es la muestra número 4 que pertenece a una determinada edad de ensayo.

4.4 Procedimiento

La experimentación comenzara con la caracterización de los agregados en donde se obtendrán los datos para luego proceder a realizar el diseño de mezcla correspondiente,



luego se procederá a realizar la preparación de las muestras para luego ser ensayadas y concluyendo con el análisis de resultados. A continuación, se muestra el esquema de procedimientos a seguir.

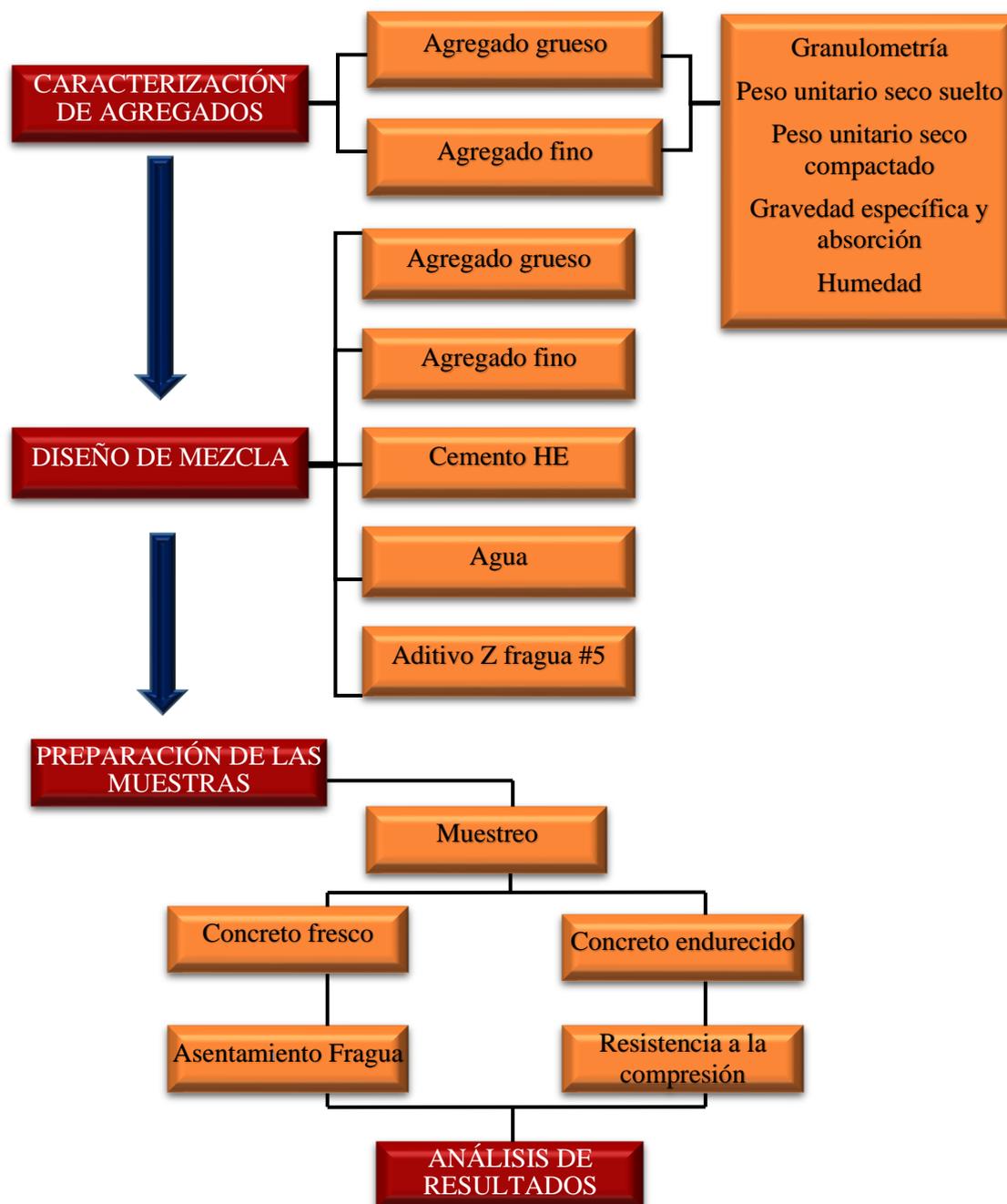


Figura 2 — Esquema de procedimientos de la investigación

4.4.1 Caracterización de agregados

Para caracterizar los agregados tanto finos como gruesos se deben realizar ensayos de laboratorio basándose en los procedimientos que establece la Norma Técnica



Peruana y el “Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones”.

- NTP 400.017 “Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados”.
- MTC E 203 “Peso unitario y vacíos de los agregados”.
- NTP 400.012: “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”.
- MTC E 204 “Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos”.
- NTP 400.022: “Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (Peso específico) y absorción del agregado fino”.
- MTC E 205 “Gravedad específica y absorción de agregados finos”.
- NTP 400.021: “Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso”.
- MTC E 206 “Peso específico y absorción de agregados gruesos”.
- NTP 339.185: “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”.
- MTC E 215 “Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado”.

4.4.2 Diseño de mezcla Método ACI Comité 211

Es un método práctico cuyos resultados son producto de una amplia investigación experimental. La secuencia del diseño se puede realizar ya sea mezclando los materiales por volumen absoluto y luego calculando los pesos de cada uno de los componentes, o también calculando el peso del concreto y derivando luego el peso de cada uno de los ingredientes, con el objetivo de obtener un metro cúbico de concreto. Ambas formas de cálculo a mezcla tienen en cuenta todo lo relacionado con la facilidad de colocación, resistencia a la compresión o a la flexión, durabilidad y economía.

El documento ACI 211.1 menciona el procedimiento resumen de diseño de mezclas de concreto, de acuerdo a los siguientes pasos:

Paso 1 Elección del asentamiento del concreto fresco. - Para elegir el asentamiento adecuado se deberá usar la tabla siguiente:



Tabla 18 — Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipo de Estructura	Asentamiento máximo (pulgadas)	Asentamiento mínimo (pulgadas)
Zapatasy muros de cimentación reforzados.	3	1
Cimentaciones simples y calzaduras.	3	1
Vigas y muros armados.	4	1
Columnas.	4	2
Losas y pavimentos.	3	1
Concreto ciclópeo	2	1

Extraído de la Tabla confeccionada por el comité ACI 211

Paso 2 Elección del TMN del agregado grueso. - La elección del tamaño máximo nominal se realizará de los datos obtenidos del ensayo de granulometría del agregado grueso.

Paso 3 Estimación del agua de mezclado. - Para estimar la cantidad de agua para el mezclado debemos relacionar el asentamiento con el tamaño máximo nominal del agregado grueso y si el concreto será con o sin aire incorporado.

Tabla 19 — Cantidades Aproximadas de agua para diferentes asentamientos

Asentamiento (pulgadas)	Agua en litros/m ³ , para TMN agregados y consistencia indicada							
	3/8''	1/2''	3/4''	1''	1 1/2''	2''	3''	6''
Concreto sin aire incorporado								
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	---
Concreto con aire incorporado								
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7	216	205	187	184	174	166	154	---

Extraído de la Tabla confeccionada por el comité ACI 211

Paso 4 Elección del contenido de aire atrapado. - La elección del contenido de aire atrapado dependerá del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Tabla 20 — Aire atrapado en función del tamaño máximo nominal.

Tamaño Máximo Nominal TMN (pulgadas)	Aire Atrapado (%)
3/8	3.0
1/2	2.5
3/4	2.0
1	1.5
1 1/2	1.0
2	0.5
3	0.3
6	0.2

Extraído de la Tabla confeccionada por el comité ACI 211

Paso 5 Cálculo del $F'c$ y $F'cr$ - La fuerza de compresión requerida ($F'cr$) se calculará con los valores de la Tabla 21.

Tabla 21 — Resistencia a la compresión promedio

$F'c$ (kg/cm ²)	$F'cr$ (kg/cm ²)
Menores a 210	$F'c + 70$
210 a 350	$F'c + 84$
Mayores a 350	$F'c + 98$

Extraído del Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E 060 Concreto Armado

Paso 6 Determinación de la relación agua / cemento (por resistencia). - La relación de los elementos agua y cemento se calcula con los datos de la Tabla 22.

Tabla 22 — Relación agua/cemento vs $F'cr$

$F'cr$ (kg/cm ²)	Relación agua - cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.58
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

Extraído del Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E 060 Concreto Armado

Paso 7 Cálculo de la cantidad de Cemento. – Para determinar la cantidad de cemento en kilogramos por un metro cúbico de concreto es necesario usar la ecuación siguiente:

$$\text{Cantidad de cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Agua } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}{\text{Relación agua – cemento}}$$

Paso 8. Cálculo de la cantidad del agregado grueso. – La cantidad de volumen de agregado grueso seco compactado (V.A.G.S.C) se determinará con la siguiente tabla relacionado el valor del tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza (M.F) del agregado fino; después para calcular la cantidad en peso del agregado grueso se usará la siguiente ecuación:

$$\text{Peso del agregado grueso}(\text{kg}/\text{m}^3) = (\text{P. U. S. C}) * (\text{V. A. G. S. C})$$

Tabla 23 — Volumen de agregado grueso compactado en seco en función del módulo de fineza

TMN	Volumen del agregado grueso seco y compactado en función del módulo de fineza			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Extraído de la Tabla confeccionada por el comité ACI 211

Paso 9. Cálculo del agregado fino (método de volúmenes absolutos). - El volumen de agregado fino se calculará usando la siguiente ecuación:

$$\text{VAF}(\text{m}^3) = 1 - (\text{VAG} + \text{Vagua} + \text{Vaire} + \text{Vcemento})$$

Paso 10. Corrección por humedad de los agregados. - La corrección en los agregados se realiza debido a la humedad natural del ambiente.



Peso humedo del agregado = Peso del agregado(1 + %humedad)

Paso 11. Corrección por absorción y cálculo de agua efectiva. - Los agregados contienen humedad en su estado natural y además estos absorben la humedad, entonces se debe determinar la contribución de agua de los agregados finos y gruesos para la mezcla.

Agua efectiva = Agua diseño – PAG(H – Abs) – PAF(H – Abs)

Paso 12. Diseño de mezcla final. - Se calcula la cantidad en peso del cemento, agregado grueso, agregado fino y agua usando el peso específico para su cálculo respectivo de ser el caso.

Paso 13. Diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5.- El aditivo Z fragua #5 se utilizará en la proporción de un litro por cada bolsa de cemento y este sustituirá a la cantidad de agua para mantener constante la relación agua - cemento.

4.5 Técnica e instrumentos

Para Borja Suárez (2012) «la técnica más apropiada para la recolección de información en ingeniería es la observación» (p. 33), por ello es que se usara diferentes formatos las cuales son instrumentos de recolección de información y se detalla a continuación.

- Instrumento N° 1 “Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso”.
- Instrumento N° 2 “Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino”.
- Instrumento N° 3 “Peso unitario del agregado grueso”.
- Instrumento N° 4 “Peso unitario del agregado fino”.
- Instrumento N° 5 “Peso específico y absorción del agregado grueso”.
- Instrumento N° 6 “Gravedad específica y absorción del agregado fino”.
- Instrumento N° 7 “Humedad de agregados”.
- Instrumento N° 8 “Asentamiento del concreto (Slump)”.
- Instrumento N° 9 “Tiempo de fraguado del cemento”.
- Instrumento N° 10 “Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades”.

4.6 Análisis estadístico

4.6.1 Media

«La medida de centro más común es la media aritmética o media. Para hallar la media de un conjunto de observaciones, suma sus valores y divide por el número de observaciones» (Moore, 2005, p. 33).

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n x_i}{n}$$

Donde:

\bar{x} : Media

n : Tamaño de la muestra.

4.6.2 Varianza

«Es una medida de dispersión de la información. Se obtiene como el promedio de los cuadrados de las desviaciones de los valores de la variable respecto a su media aritmética» (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2006). Para la presente investigación se usará la varianza insesgada o muestral.

$$s^2 = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Donde:

s^2 : Varianza muestral

\bar{x} : Media

n : Tamaño de la muestra.

4.6.3 Desviación estándar

«Se llama desviación estándar de un conjunto de datos a la raíz cuadrada positiva de la variancia, la cual dependerá del tipo de variancia que se esté empleando» (Gutiérrez Gonzáles et al., 2016, p. 26).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Donde:

s : Desviación estándar muestral

\bar{x} : Media

$n-1$: Grados de libertad

4.6.4 Grados de libertad

«En general, los grados de libertad para un estimador son iguales al número de datos menos el número de parámetros estimados para llevar a cabo el cálculo del estimador en cuestión» (Aguilar Márquez et al., 2010, p. 37). En términos más sencillos los grados de libertad para una muestra es:

$$gl = n - 1$$

Donde:

n : Tamaño de la muestra.

«Dos muestras son independientes si los valores muestrales de una población no están relacionados o de alguna manera naturalmente emparejados o combinados con los valores muestrales de otra población» (Triola, 2018, p. 429). Para dos muestras independientes con número de observaciones n_1 y n_2 , el grado de libertad se define con la ecuación:

$$gl = n_1 + n_2 - 2$$

Donde:

n_1 ; n_2 : Tamaño de la muestra.

4.6.5 Distribución t-Student

Una variable aleatoria continua X tiene una distribución de probabilidad t - Student, también conocida como t de Student, si su distribución se asemeja a la de una distribución normal. La distribución t-Student como la distribución normal son simétricas y tienen forma de campana. La diferencia entre la distribución t-Student y la distribución normal es en que la distribución t de Student a menos grados de libertad tiene colas más pesadas que la distribución normal. Es decir, «las probabilidades en las colas son más pesadas que la normal, por consiguiente, a menos grados de libertad la distribución t-Student es más chata que la normal» (Gutiérrez Gonzáles et al., 2016, p. 69).

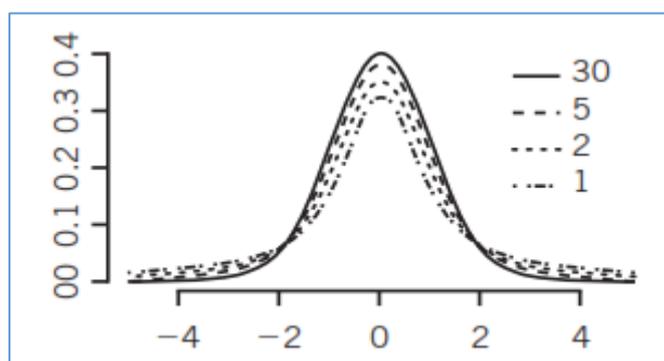


Figura 3 — La función de densidad de los modelos t-Student y la distribución normal
Extraído de (Gutiérrez Gonzáles et al., 2016)

4.6.6 Tipo de error

- Si se rechaza la hipótesis nula cuando esta es verdadera se comete un error de tipo I.
- En cambio, si se acepta la hipótesis nula cuando es falsa se dice que el error es de tipo II.

4.6.7 Nivel de significancia

«Se entiende por nivel de significancia α a la máxima probabilidad de que se especifique con el fin de hacer mínimo el error de tipo I. Generalmente, esta probabilidad se fija antes de escoger la muestra» (Martinez Bencardino, 2012, p. 328).

4.6.8 Prueba t para una muestra

Si queremos probar la hipótesis nula cuando ésta establece que la media de la población es igual a un valor hipotético se debe usar el estadístico de prueba t para una muestra.

Para aplicar la prueba t para una muestra se tiene que tener las siguientes condiciones:

- El tamaño de las muestras o número de observaciones debe ser menor a 30.
- La muestra tiene distribución normal corroborada mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

El estadístico de prueba t se determina con la ecuación:

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

Dónde:

\bar{x} : Media

s : Desviación estándar muestral

n : Tamaño de la muestra.

μ : valor hipotético

4.6.9 Normalidad

Para corroborar el supuesto de normalidad de una población se siguen los siguientes pasos.

- Plantear las hipótesis de normalidad de las varianzas poblacionales.
 H_0 : La variable en análisis proviene de una distribución normal
 H_1 : La variable en análisis no proviene de una distribución normal
- Nivel de significancia se asume como $\alpha = 0.05$
- Para contrastar el supuesto de normalidad para tamaño de muestra menor a 50 usamos la prueba de Shapiro-Wilk, con la ayuda del software IBM SPSS Statistics Base 21.
- Criterios de decisión.

Si p-valor ≥ 0.05 se acepta H_0 .

Si p-valor < 0.05 se rechaza H_0 .

4.6.10 Homocedasticidad

La homocedasticidad es un supuesto de homogeneidad de varianzas, para determinar se siguen los siguientes pasos.

- Plantear las hipótesis de homogeneidad de las varianzas poblacionales.

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

- Nivel de significancia se asume como $\alpha = 0.05$
- Para contrastar el supuesto de homogeneidad de varianzas poblacionales usamos la prueba de Levene, con la ayuda del software IBM SPSS Statistics Base 21.
- Criterios de decisión.

Si p-valor ≥ 0.05 se acepta H_0 .

Si p-valor < 0.05 se rechaza H_0 .

4.6.11 Análisis de varianza de un factor

El análisis de varianza de un factor (ANOVA) es un método para probar la igualdad de tres o más medias poblacionales mediante el análisis de varianzas muestrales. El análisis de varianza de un factor se utiliza con datos categorizados con un factor (o tratamiento), por lo que hay una característica que se usa para separar los datos muestrales en diferentes categorías. (Triola, 2018, p.569)

Para realizar el análisis de varianza de un factor para probar la igualdad de tres o más medias poblacionales, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Las muestras tienen distribuciones que son aproximadamente normales.
- Las muestras deben ser independientes entre sí.
- Las muestras tienen desviaciones estándares que no son muy diferentes.
- La hipótesis nula y alterna son:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$$

H_1 : al menos una de las medias es diferente de las demás.

- Nivel de significancia se asume como $\alpha = 0.05$
- Para contrastar la hipótesis usamos el análisis de varianza de un factor, con la ayuda del software IBM SPSS Statistics Base 21.
- Criterios de decisión.

Si p-valor ≥ 0.05 se acepta H_0 .

Si p-valor < 0.05 se rechaza H_0 .

4.6.12 Pruebas post hoc

Las pruebas post hoc se realizan para ver la variabilidad entre los grupos en estudio y esta se realiza si después de haber realizado la prueba de hipótesis mediante el análisis de varianza de un factor y teniendo como criterio de decisión que se rechaza la hipótesis nula procedemos con las pruebas post hoc, si al realizar las varianzas son homogéneas se usa la prueba Tukey.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados del objetivo general

5.1.1 Diseño de mezcla con cemento tipo HE

Tabla 24 — Proporciones de materiales para diseño de mezcla con cemento tipo HE

Materiales	Cantidad en peso por 1 m ³	Proporción en Volumen por 1 bolsa	Proporción en volumen para 1 m ³	Proporción en peso por briqueta
Cemento	393.87 kg	1.00 bls	9.27 bls	0.619 kg
Agua	205.86 kg	22.21 kg	0.21 m ³	0.323 kg
Agr. Fino	937.66 kg	2.19 ft ³	0.58 m ³	1.473 kg
Agr. Grueso	823.89 kg	2.26 ft ³	0.59 m ³	1.294 kg

En la Tabla 24 se muestra las proporciones de los materiales, obtenidos mediante el método ACI Comité 211 diseño de mezcla con cemento tipo HE.

5.1.2 Diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE

Tabla 25 — Proporciones materiales para diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE

Materiales	Cantidad en peso por 1 m ³	Proporción en Volumen por 1 bolsa	Proporción en volumen para 1 m ³	Proporción en peso por briqueta
Cemento	393.87 kg	1.00 bls	9.27 bls	0.619 kg
Agua	205.86 kg	22.21 kg	0.21 m ³	0.323 kg
Agr. Fino	937.66 kg	2.19 ft ³	0.58 m ³	1.473 kg
Agr. Grueso	823.89 kg	2.26 ft ³	0.59 m ³	1.294 kg
Aditivo Z fragua #5	16.91 kg	1.83 kg	16.91 kg	0.027 kg

En la Tabla 25 se muestra las proporciones de los materiales, obtenidos mediante el método ACI Comité 211 diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.

5.1.3 Diseño de mezcla con cemento tipo IP

Tabla 26 — Proporciones de materiales para diseño de mezcla con cemento tipo IP

Materiales	Cantidad en peso por 1 m ³	Proporción en Volumen por 1 bolsa	Proporción en volumen para 1 m ³	Proporción en peso por briqueta
Cemento	393.87 kg	1.00 bls	9.27 bls	0.619 kg
Agua	205.98 kg	22.23 kg	0.21 m ³	0.324 kg
Agr. Fino	917.76 kg	2.15 ft ³	0.56 m ³	1.442 kg
Agr. Grueso	823.89 kg	2.26 ft ³	0.59 kg	1.294 kg

En la Tabla 26 se muestra las proporciones de los materiales, obtenidos mediante el método ACI Comité 211 diseño de mezcla con cemento tipo IP.

5.1.4 Diseño de mezcla con cemento tipo I

Tabla 27 — Proporciones de materiales para diseño de mezcla con cemento tipo I

Materiales	Cantidad en peso por 1 m ³	Proporción en Volumen por 1 bolsa	Proporción en volumen para 1 m ³	Proporción en peso por briqueta
Cemento	393.87 kg	1.00 bls	9.27 bls	0.619 kg
Agua	205.74 kg	22.20 kg	0.21m ³	0.323 kg
Agr. Fino	955.67 kg	2.23 ft ³	0.57m ³	1.501 kg
Agr. Grueso	823.89 kg	2.26 ft ³	0.59 m ³	1.294 kg

En la Tabla 27 se muestra las proporciones de los materiales, obtenidos mediante el método ACI Comité 211 diseño de mezcla con cemento tipo I.

5.1.5 Diseño de mezcla del con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I

Tabla 28 — Proporciones de materiales para diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I

Materiales	Cantidad en peso por 1 m ³	Proporción en Volumen por 1 bolsa	Proporción en volumen para 1 m ³	Proporción en peso por briqueta
Cemento	393.87 kg	1.00 bls	9.27 bls	0.619 kg
Agua	205.74 kg	22.20 kg	0.21 m ³	0.323 kg
Agr. Fino	955.67 kg	2.23 ft ³	0.59 m ³	1.501 kg
Agr. Grueso	823.89 kg	2.26 ft ³	0.59 m ³	1.294 kg
Aditivo Z fragua #5	16.91 kg	1.83 kg	16.91 kg	0.027 kg

En la Tabla 28 se muestra las proporciones de los materiales, obtenidos mediante el método ACI Comité 211 diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.

5.1.6 Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades

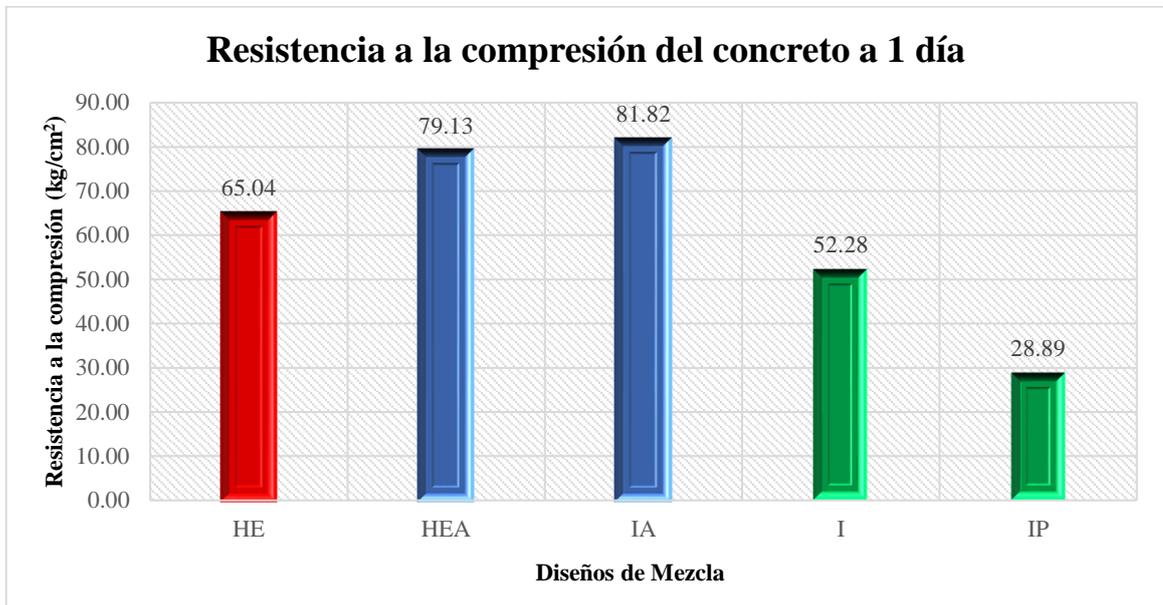


Figura 4 — Resistencia a la compresión del concreto a 1 día

En la Figura 4 se presenta el resumen comparativo de las resistencias a la compresión para la edad de 1 día en donde el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I, correspondiente al Grupo Experimental 3 alcanza la mayor resistencia inicial a la compresión del concreto.

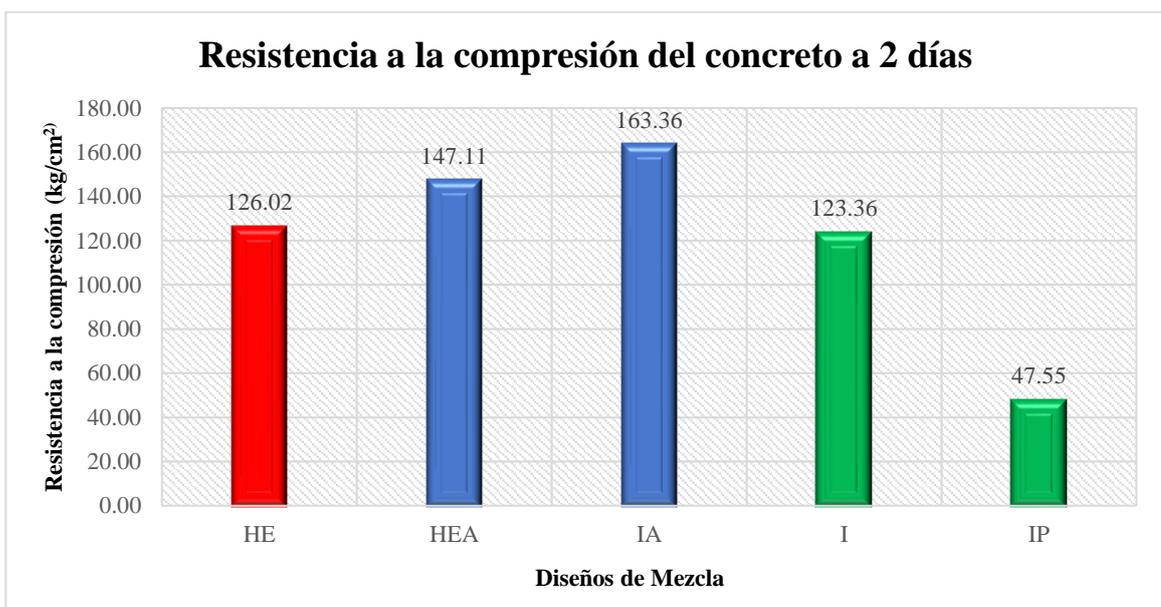


Figura 5 — Resistencia a la compresión del concreto a 2 días



En la Figura 5 se presenta el resumen comparativo de las resistencias a la compresión para la edad de 2 días en donde el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I, correspondiente al Grupo Experimental 3 alcanza la mayor resistencia inicial a la compresión del concreto.

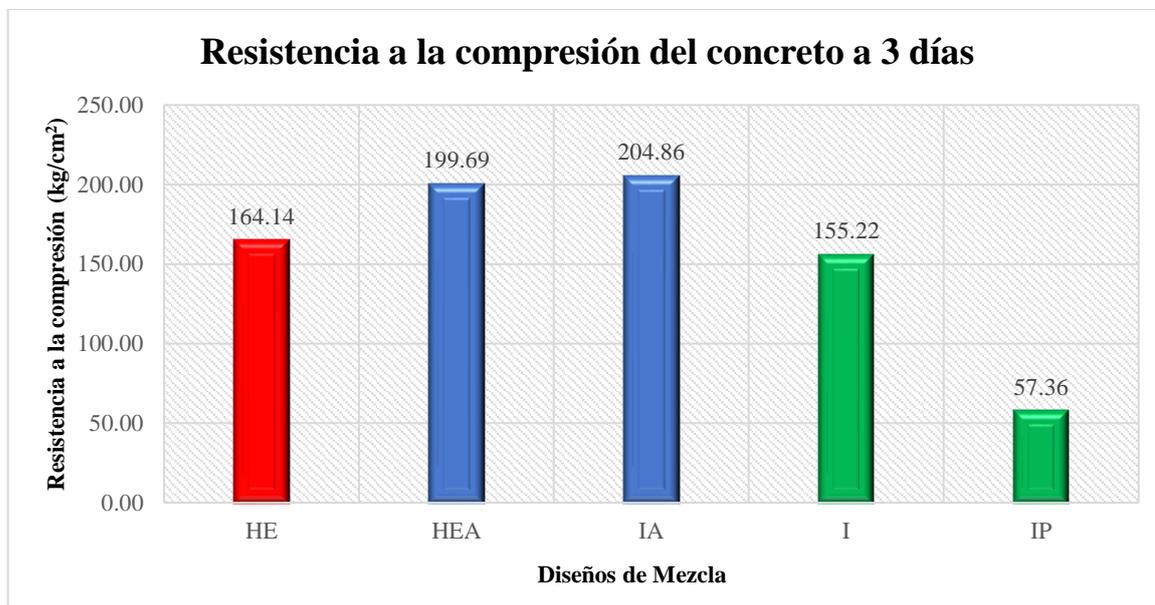


Figura 6 — Resistencia a la compresión del concreto a 3 días

En la Figura 6 se presenta el resumen comparativo de las resistencias a la compresión para la edad de 3 días en donde el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I, correspondiente al Grupo Experimental 3 alcanza la mayor resistencia inicial a la compresión del concreto.

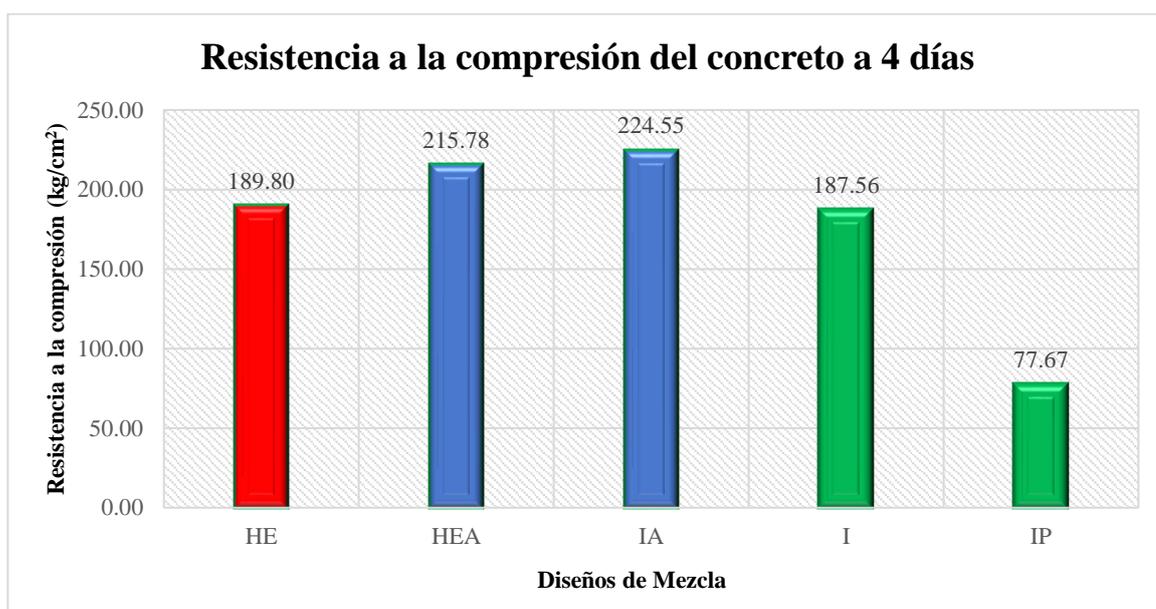


Figura 7 — Resistencia a la compresión del concreto a 4 días



En la Figura 7 se presenta el resumen comparativo de las resistencias a la compresión para la edad de 4 días en donde el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I, correspondiente al Grupo Experimental 3 alcanza la mayor resistencia inicial a la compresión siendo este valor superior a la resistencia teórica 210 kg/cm^2 así mismo la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE correspondiente al Grupo Experimental 2 supera también al valor de la resistencia teórica de 210 kg/cm^2 .

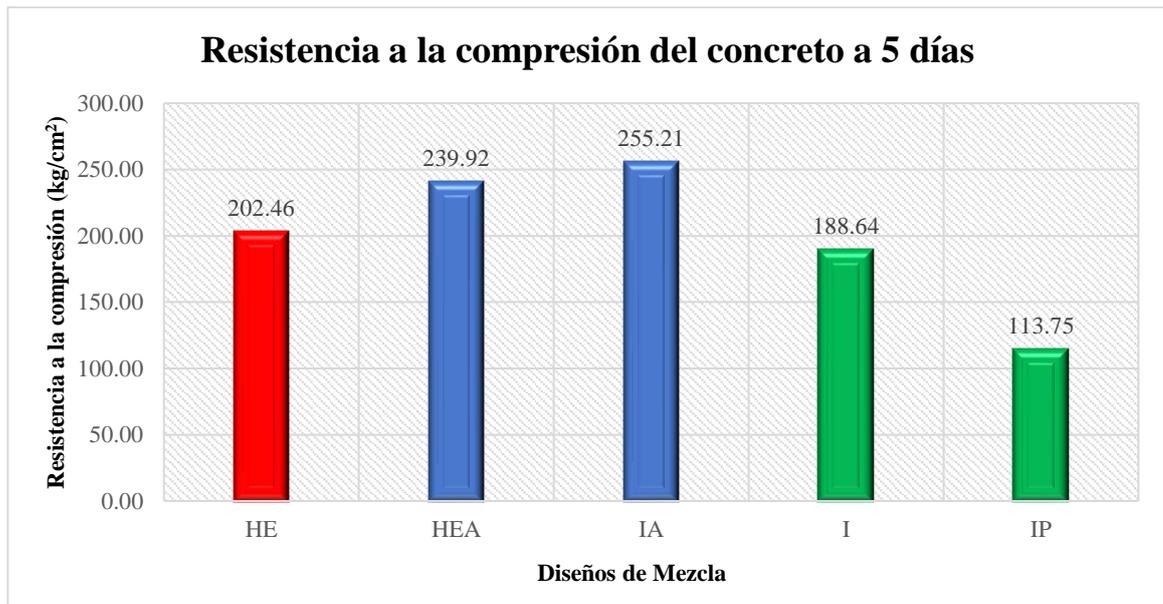


Figura 8 — Resistencia a la compresión del concreto a 5 días

En la Figura 8 se presenta el resumen comparativo de las resistencias a la compresión para la edad de 5 días en donde el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I, correspondiente al Grupo Experimental 3 alcanza la mayor resistencia inicial a la compresión siendo este valor muy superior a la resistencia teórica 210 kg/cm^2 así mismo la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE correspondiente al Grupo Experimental 2 supera también al valor de la resistencia teórica 210 kg/cm^2 .

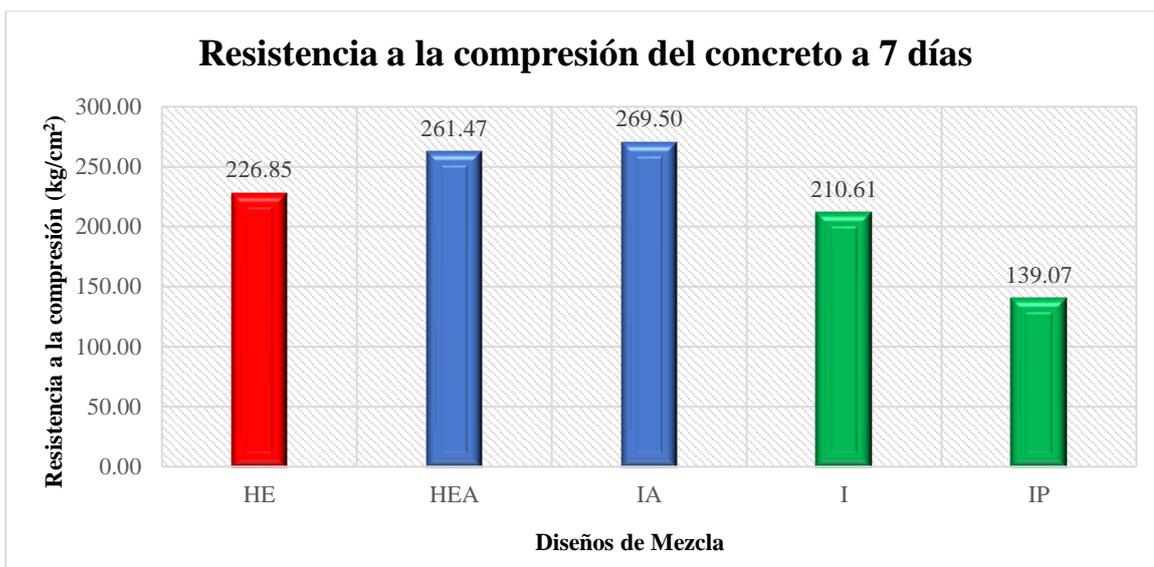


Figura 9 — Resistencia a la compresión del concreto a 7 días

En la Figura 9 se presenta el resumen comparativo de las resistencias a la compresión para la edad de 7 días en donde el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I, correspondiente al Grupo Experimental 3 alcanza la mayor resistencia inicial a la compresión siendo este valor muy superior a la resistencia teórica 210 kg/cm² así mismo las resistencias a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo HE correspondiente al Grupo Experimental 1 y diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE correspondiente al Grupo Experimental 2 superan también al valor de la resistencia teórica 210 kg/cm², mientras que la resistencia a la compresión del diseño de mezcla convencional con cemento tipo I correspondiente al Grupo de Control 1 alcanza la resistencia teórica 210 kg/cm².

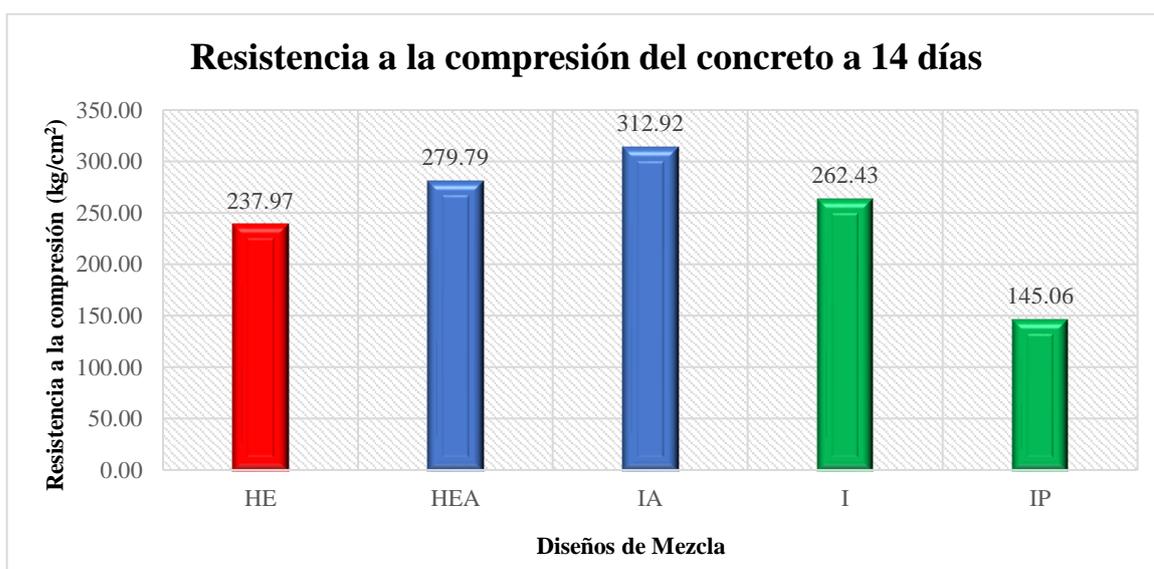


Figura 10 — Resistencia a la compresión del concreto a 14 días

En la Figura 10 se presenta el resumen comparativo de las resistencias a la compresión para la edad de 14 días en donde el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I, correspondiente al Grupo Experimental 3 alcanza la mayor resistencia inicial a la compresión siendo este valor muy superior a la resistencia teórica 210 kg/cm^2 y resistencia de diseño 294 kg/cm^2 ; así mismo las resistencias a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo HE correspondiente al Grupo Experimental 1, diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE correspondiente al Grupo Experimental 2 y diseño de mezcla convencional con cemento tipo I correspondiente al Grupo de Control 1 superan también al valor de la resistencia teórica 210 kg/cm^2 , mientras que la resistencia a la compresión del diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP no alcanza la resistencia teórica 210 kg/cm^2 .

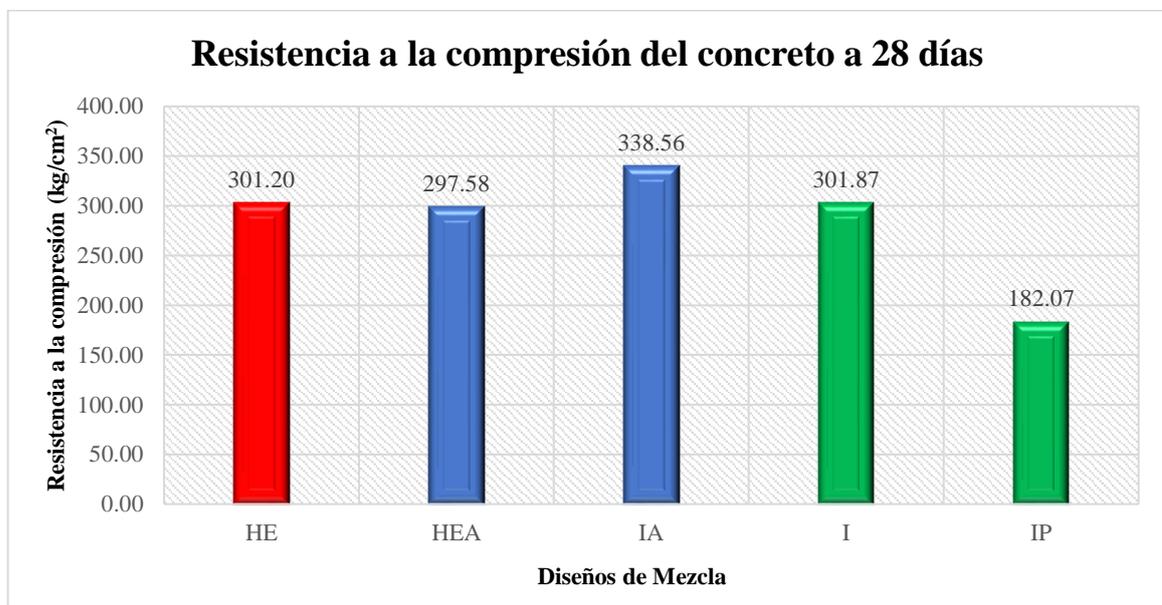


Figura 11 — Resistencia a la compresión del concreto a 28 días

En la Figura 11 se presenta el resumen comparativo de las resistencias a la compresión para la edad de 28 días en donde el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I, correspondiente al Grupo Experimental 3 alcanza la mayor resistencia a la compresión siendo este valor muy superior a la resistencia teórica 210 kg/cm^2 y resistencia de diseño 294 kg/cm^2 ; así mismo las resistencias a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo HE correspondiente al Grupo Experimental 1, diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE correspondiente al Grupo Experimental 2 y diseño de mezcla convencional con cemento tipo I correspondiente al Grupo de Control 1 superan también al valor de la resistencia teórica 210 kg/cm^2 y estos valores son similares a la resistencia de diseño 294 kg/cm^2 , mientras que la resistencia



a la compresión del diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP no alcanza la resistencia teórica 210 kg/cm^2 .

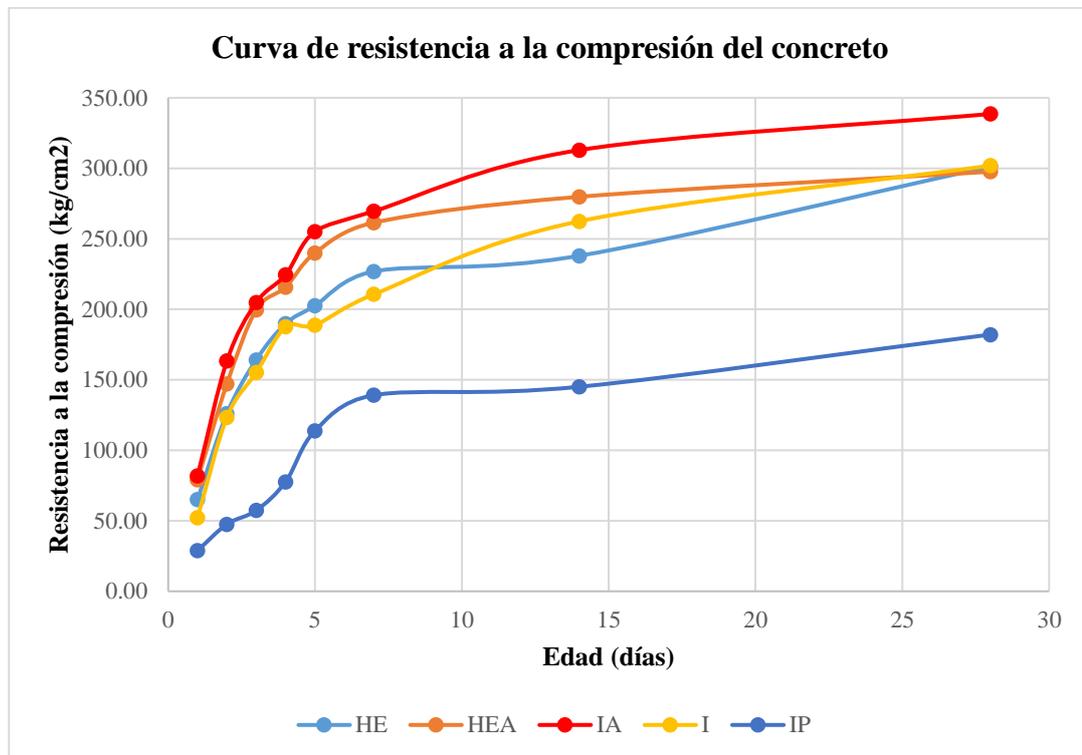


Figura 12 — Curva de resistencia a la compresión

En la Figura 12 se presenta la curva de la resistencia a la compresión, donde se evidencia que las curvas de resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo HE, diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE y diseño de mezcla con cemento tipo I a la edad de 28 días logran resistencias a la compresión similares. La curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I, es muy superior por lo que se puede deducir que el aditivo Z fragua #5 tiene mejor desempeño en este tipo de cemento.

5.1.7 Tiempo de fraguado inicial

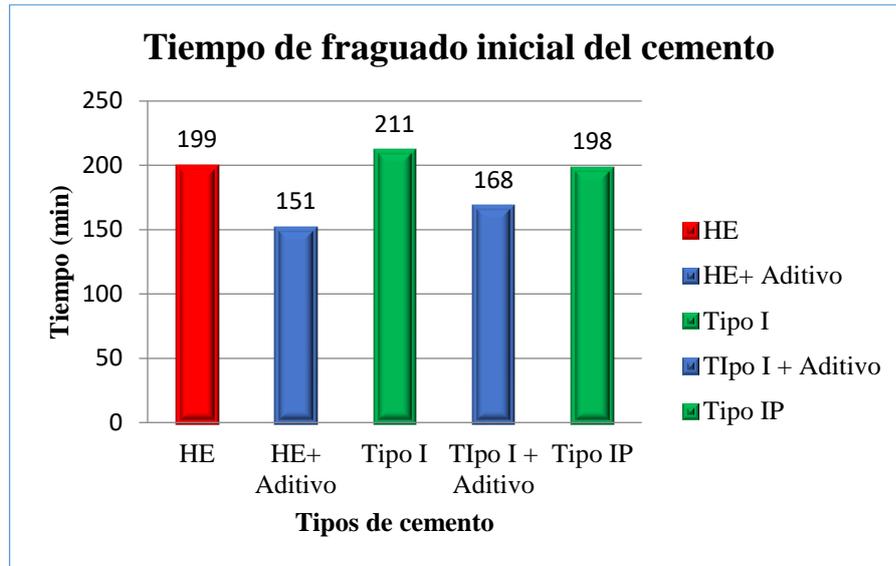


Figura 13 — Fraguado inicial del cemento

En la Figura 13 se muestran los resultados obtenidos del tiempo de fraguado inicial de los diferentes tipos de cemento con y sin aditivo Z fragua #5, dichos resultados se encuentran dentro del rango de 151 a 211 minutos. El cemento tipo HE adicionado con aditivo Z fragua, presenta el menor tiempo de fraguado inicial es decir que el proceso de fraguado es más rápido con respecto a los diferentes cementos con y sin aditivo Z fragua #5 y el cemento tipo I presenta el mayor tiempo de fraguado inicial por lo que el proceso de fraguado es más lento lo cual es una ventaja porque permite que el concreto en estado fresco tenga más tiempo para su colocación y manipulación.

5.1.8 Tiempo de fraguado final

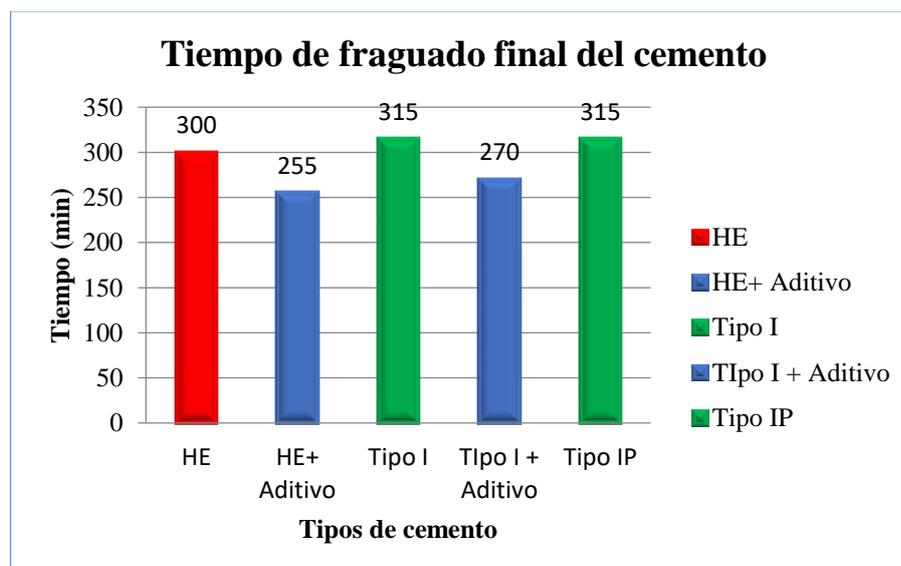


Figura 14 — Fraguado final del cemento



En la Figura 14 se muestran los resultados obtenidos del tiempo de fragua final de los diferentes tipos de cemento con y sin aditivo Z fragua #5. El tiempo de fragua final se encuentra dentro del rango de 255 a 315 minutos. El cemento tipo HE adicionado con aditivo Z fragua, presenta el menor tiempo de fragua final por lo que se puede deducir que el proceso de endurecimiento del concreto elaborado con este cemento y aditivo es más rápido, en cambio los cemento tipo I y tipo IP, presenta el mayor tiempo de fragua final por ende el proceso de endurecimiento del concreto elaborado con estos cementos es más lento.

5.2 Análisis de resultados del objetivo específico 1

5.2.1 Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1

Tabla 29 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 1 día

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HE1 - 1	62.69	65.04	3.26
HE1 - 2	67.04		
HE1 - 3	59.53		
HE1 - 4	66.60		
HE1 - 5	66.29		
HE1 - 6	68.09		

Nota: El Grupo Experimental 1 corresponde al diseño de mezcla con cemento tipo HE.

En la Tabla 29 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 1 día para el Grupo Experimental 1, donde la media es de 65.04 kg/cm² que representa el 30.97% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 22.12% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 3.26 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 30 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 2 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HE2 - 1	126.43	126.02	4.32
HE2 - 2	128.49		
HE2 - 3	128.85		

HE2 - 4	122.91		
HE2 - 5	118.98		
HE2 - 6	130.47		

Nota: El Grupo Experimental 1 corresponde al diseño de mezcla con cemento tipo HE.

En la Tabla 30 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 2 días para el Grupo Experimental 1, donde la media es de 126.02 kg/cm² que representa el 60.01% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 42.86% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 4.32 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 31 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 3 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HE3 - 1	165.96	164.14	12.40
HE3 - 2	175.52		
HE3 - 3	149.38		
HE3 - 4	170.66		
HE3 - 5	175.16		
HE3 - 6	148.18		

Nota: El Grupo Experimental 1 corresponde al diseño de mezcla con cemento tipo HE.

En la Tabla 31 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 3 días para el Grupo Experimental 1, donde la media es de 164.14 kg/cm² que representa el 78.16% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 55.83% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 12.40 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 32 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 4 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HE4 - 1	181.51	189.80	12.28
HE4 - 2	208.35		
HE4 - 3	177.47		
HE4 - 4	200.82		
HE4 - 5	189.05		
HE4 - 6	181.60		

Nota: El Grupo Experimental 1 corresponde al diseño de mezcla con cemento tipo HE.

En la Tabla 32 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 4 días para el Grupo Experimental 1, donde la media es de 189.80 kg/cm² que representa el 90.38% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 64.56% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 12.28 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y significa que los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 33 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 5 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HE5 - 1	192.54	202.46	16.50
HE5 - 2	195.09		
HE5 - 3	186.63		
HE5 - 4	220.65		
HE5 - 5	193.86		
HE5 - 6	225.98		

Nota: El Grupo Experimental 1 corresponde al diseño de mezcla con cemento tipo HE.

En la Tabla 33 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 5 días para el Grupo Experimental 1, donde la media es de 202.46 kg/cm² que representa el 96.41% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 68.86% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 16.50 kg/cm², lo que

significa que la variabilidad de los datos es mínimo por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 34 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 7 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HE7 - 1	235.16	226.85	13.42
HE7 - 2	249.25		
HE7 - 3	219.03		
HE7 - 4	211.77		
HE7 - 5	220.64		
HE7 - 6	225.24		

Nota: El Grupo Experimental 1 corresponde al diseño de mezcla con cemento tipo HE.

En la Tabla 34 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días para el Grupo Experimental 1, donde la media es de 226.85 kg/cm² que representa el 108.02% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 77.16% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 13.42 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 35 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 14 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HE14 - 1	226.61	237.97	7.95
HE14 - 2	241.29		
HE14 - 3	235.44		
HE14 - 4	234.19		
HE14 - 5	250.25		
HE14 - 6	240.03		

Nota: El Grupo Experimental 1 corresponde al diseño de mezcla con cemento tipo HE.

En la Tabla 35 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días para el Grupo Experimental 1, donde la media es de 237.97 kg/cm² que representa el 113.32% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 80.94% de la resistencia a la



compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 7.95 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 36 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 28 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HE28 - 1	304.34	301.20	5.88
HE28 - 2	295.41		
HE28 - 3	310.33		
HE28 - 4	301.57		
HE28 - 5	294.44		
HE28 - 6	301.12		

Nota: El Grupo Experimental 1 corresponde al diseño de mezcla con cemento tipo HE.

En la Tabla 36 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 28 días para el Grupo Experimental 1, donde la media es de 301.20 kg/cm² que representa el 143.43% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 102.45% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 5.88 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

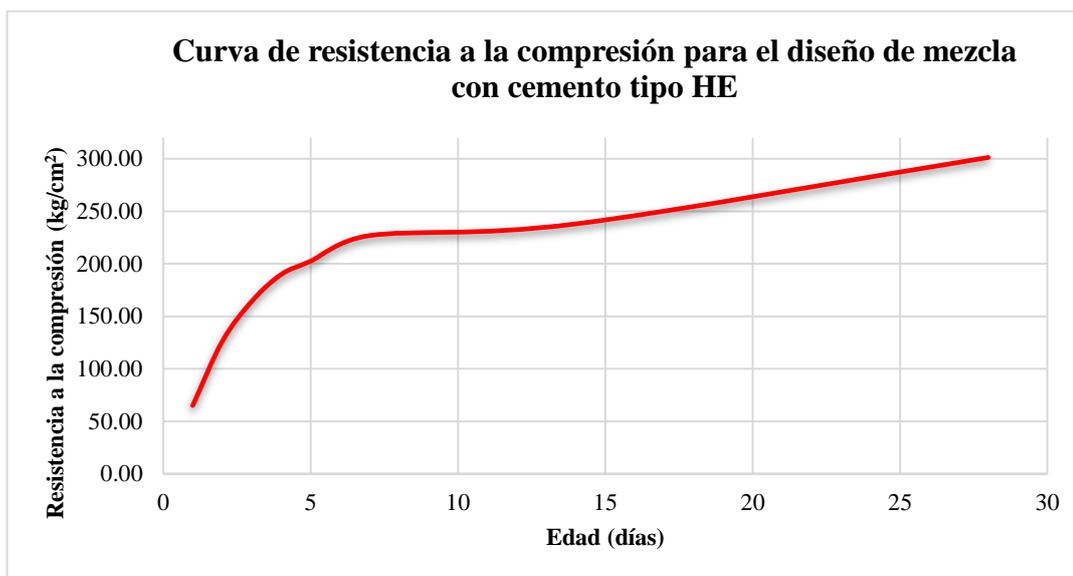


Figura 15 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con cemento tipo HE



En la Figura 15 se presenta la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo HE correspondiente al Grupo Experimental 1, la curva durante los primeros 7 días tiene un incremento considerable en la resistencia a la compresión por lo que se puede deducir que este diseño tiene un comportamiento de alta resistencia inicial a la compresión del concreto. El valor de la resistencia teórica 210 kg/cm^2 alcanza a los 7 días y el valor de la resistencia de diseño 294 kg/cm^2 alcanza a los 28 días.

5.3 Análisis de resultados del objetivo específico 2

5.3.1 Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 2

Tabla 37 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 1 día

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm^2)	Media	Desviación estándar
HEA1 - 1	84.21	79.13	4.71
HEA1 - 2	78.60		
HEA1 - 3	78.28		
HEA1 - 4	70.98		
HEA1 - 5	79.35		
HEA1 - 6	83.33		

Nota: El Grupo Experimental 2 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.

En la Tabla 37 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 1 día para el Grupo Experimental 2, donde la media es de 79.13 kg/cm^2 que representa el 37.68% de la resistencia teórica 210 kg/cm^2 y 26.91% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm^2 . La desviación estándar es de 4.71 kg/cm^2 , lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 38 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 2 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm^2)	Media	Desviación estándar
HEA2 - 1	153.33	147.11	4.13
HEA2 - 2	142.73		
HEA2 - 3	142.96		
HEA2 - 4	145.84		

HEA2 - 5	149.90		
HEA2 - 6	147.89		

Nota: El Grupo Experimental 2 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.

En la Tabla 38 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 2 días para el Grupo Experimental 2, donde la media es de 147.11 kg/cm² que representa el 70.05% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 50.04% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 4.13 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 39 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 3 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HEA3 - 1	207.77	199.69	11.94
HEA3 - 2	197.76		
HEA3 - 3	204.60		
HEA3 - 4	215.24		
HEA3 - 5	182.96		
HEA3 - 6	189.79		

Nota: El Grupo Experimental 2 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.

En la Tabla 39 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 3 días para el Grupo Experimental 2, donde la media es de 199.69 kg/cm² que representa el 95.09% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 67.92% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 11.94 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.



Tabla 40 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 4 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HEA4 - 1	211.50	215.78	3.56
HEA4 - 2	212.60		
HEA4 - 3	220.55		
HEA4 - 4	214.52		
HEA4 - 5	216.56		
HEA4 - 6	218.94		

Nota: El Grupo Experimental 2 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.

En la Tabla 40 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 4 días para el Grupo Experimental 2, donde la media es de 215.78 kg/cm² que representa el 102.75% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 73.39% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 3.56 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 41 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 5 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HEA5 - 1	233.12	239.92	8.73
HEA5 - 2	233.55		
HEA5 - 3	245.78		
HEA5 - 4	243.29		
HEA5 - 5	252.86		
HEA5 - 6	230.89		

Nota: El Grupo Experimental 2 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.

En la Tabla 41 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 5 días para el Grupo Experimental 2, donde la media es de 239.92 kg/cm² que representa el 114.25% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 81.61% de la resistencia a la

compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 8.73 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 42 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 7 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HEA7 - 1	263.77	261.47	18.17
HEA7 - 2	262.43		
HEA7 - 3	265.39		
HEA7 - 4	227.09		
HEA7 - 5	268.88		
HEA7 - 6	281.27		

Nota: El Grupo Experimental 2 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.

En la Tabla 42 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días para el Grupo Experimental 2, donde la media es de 261.47 kg/cm² que representa el 124.51% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 88.94% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 18.17 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 43 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 14 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HEA14 - 1	294.36	279.79	14.31
HEA14 - 2	287.67		
HEA14 - 3	286.55		
HEA14 - 4	253.60		
HEA14 - 5	280.86		
HEA14 - 6	275.72		

Nota: El Grupo Experimental 2 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.



En la Tabla 43 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días para el Grupo Experimental 2, donde la media es de 279.79 kg/cm² que representa el 133.23% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 95.17% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 14.31 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 44 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 2 a 28 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
HEA28 - 1	305.68	297.58	9.90
HEA28 - 2	282.32		
HEA28 - 3	310.04		
HEA28 - 4	291.92		
HEA28 - 5	296.32		
HEA28 - 6	299.20		

Nota: El Grupo Experimental 2 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.

En la Tabla 44 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 28 días para el Grupo Experimental 2, donde la media es de 297.58 kg/cm² que representa el 141.70% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 101.22% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 9.90 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.



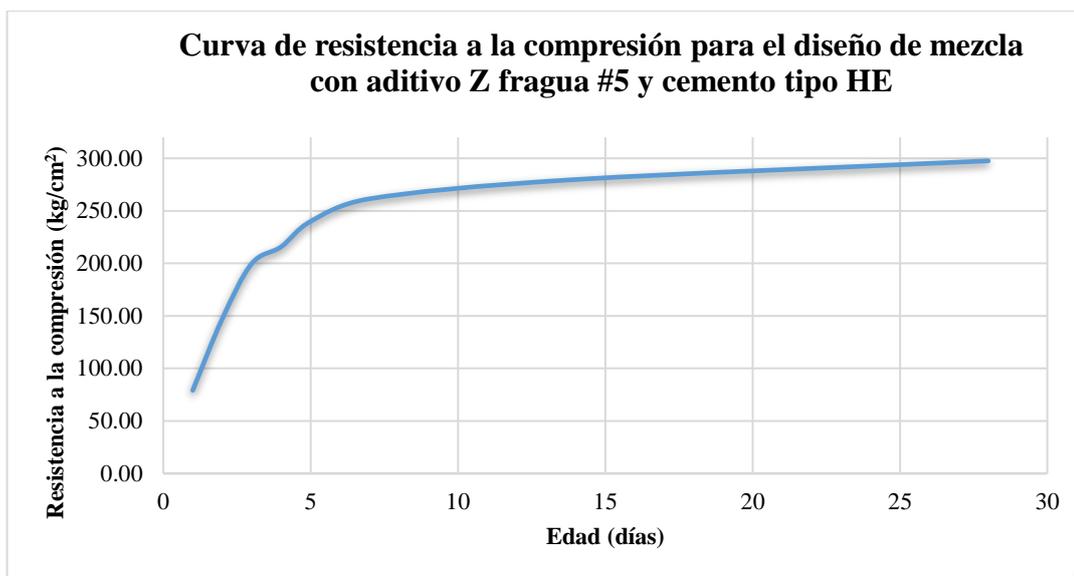


Figura 16 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE

En la Figura 16 se presenta la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE correspondiente al Grupo Experimental 2, la curva durante los primeros 7 días tiene un incremento considerable en la resistencia a la compresión por lo que se puede deducir que este diseño tiene un comportamiento de alta resistencia inicial a la compresión del concreto, el valor de la resistencia teórica 210 kg/cm² alcanza a los 4 días y el valor de la resistencia de diseño 294 kg/cm² alcanza a los 28 días.

5.3.2 Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 3

Tabla 45 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 1 día

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IA1 - 1	86.73	81.82	3.75
IA1 - 2	82.21		
IA1 - 3	75.99		
IA1 - 4	83.26		
IA1 - 5	83.54		
IA1 - 6	79.17		



Nota: El Grupo Experimental 3 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.

En la Tabla 45 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 1 día para el Grupo Experimental 3, donde la media es de 81.82 kg/cm² que representa el 38.96% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 27.83% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 3.75 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 46 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 2 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IA2 - 1	160.73	163.36	6.15
IA2 - 2	164.38		
IA2 - 3	156.21		
IA2 - 4	166.87		
IA2 - 5	173.20		
IA2 - 6	158.76		

Nota: El Grupo Experimental 3 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.

En la Tabla 46 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 2 días para el Grupo Experimental 3, donde la media es de 163.36 kg/cm² que representa el 77.79% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 55.56% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 6.15 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 47 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 3 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IA3 - 1	206.53	204.86	8.93
IA3 - 2	201.56		
IA3 - 3	202.90		



IA3 - 4	217.97		
IA3 - 5	209.16		
IA3 - 6	191.04		

Nota: El Grupo Experimental 3 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.

En la Tabla 47 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 3 días para el Grupo Experimental 3, donde la media es de 204.86 kg/cm² que representa el 97.55% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 69.68% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 8.93 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 48 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 4 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IA4 - 1	225.87	224.55	7.35
IA4 - 2	220.90		
IA4 - 3	223.55		
IA4 - 4	215.60		
IA4 - 5	223.67		
IA4 - 6	237.70		

Nota: El Grupo Experimental 3 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.

En la Tabla 48 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 4 días para el Grupo Experimental 3, donde la media es de 224.55 kg/cm² que representa el 106.93% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 76.38% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 7.35 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 49 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 5 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IA5 - 1	257.21	255.21	14.89
IA5 - 2	265.41		
IA5 - 3	251.62		
IA5 - 4	266.76		
IA5 - 5	263.17		
IA5 - 6	227.09		

Nota: El Grupo Experimental 3 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.

En la Tabla 49 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 5 días para el Grupo Experimental 3, donde la media es de 255.21 kg/cm² que representa el 121.53% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 86.81% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 14.89 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 50 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 7 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IA7 - 1	292.02	269.50	15.34
IA7 - 2	269.27		
IA7 - 3	262.80		
IA7 - 4	279.34		
IA7 - 5	246.69		
IA7 - 6	266.88		

Nota: El Grupo Experimental 3 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.

En la Tabla 50 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días para el Grupo Experimental 3, donde la media es de 269.50 kg/cm² que representa el 128.33% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 91.67% de la resistencia a la



compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 15.35 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 51 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 14 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IA14 - 1	314.61	312.92	10.92
IA14 - 2	296.92		
IA14 - 3	305.29		
IA14 - 4	326.15		
IA14 - 5	323.03		
IA14 - 6	311.52		

Nota: El Grupo Experimental 3 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.

En la Tabla 51 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días para el Grupo Experimental 3, donde la media es de 312.92 kg/cm² que representa el 149.01% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 106.44% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 10.92 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 52 — Resistencia a la compresión Grupo Experimental 3 a 28 días

Código de la muestra	°	Media	Desviación estándar
IA28 - 1	347.04	338.56	8.85
IA28 - 2	351.74		
IA28 - 3	336.11		
IA28 - 4	335.53		
IA28 - 5	330.40		
IA28 - 6	330.56		

Nota: El Grupo Experimental 3 corresponde al diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.



En la Tabla 52 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 28 días para el Grupo Experimental 3, donde la media es de 338.56 kg/cm² que representa el 161.22% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 115.16% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 8.85 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

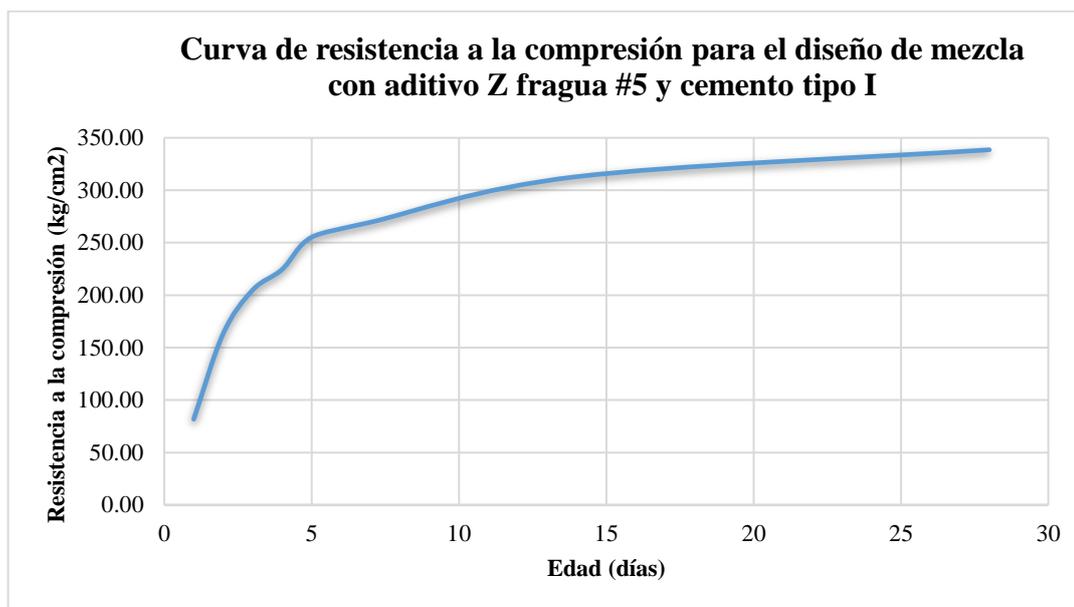


Figura 17 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I

En la Figura 17 se presenta la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I correspondiente al Grupo Experimental 3, la curva durante los primeros 7 días tiene un incremento considerable en la resistencia a la compresión por lo que se puede deducir que este diseño tiene un comportamiento de alta resistencia inicial a la compresión del concreto. El valor de la resistencia teórica 210 kg/cm² alcanza a los 4 días y el valor de la resistencia de diseño 294 kg/cm² alcanza a los 14 días.

5.4 Análisis de resultados del objetivo específico 3

5.4.1 Resistencia a la compresión del Grupo de Control 1

Tabla 53 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 1 día

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
I1 - 1	51.10	52.28	1.54
I1 - 2	53.51		
I1 - 3	53.38		
I1 - 4	49.68		
I1 - 5	52.91		
I1 - 6	53.08		

Nota: El Grupo de Control 1 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo I.

En la Tabla 53 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 1 día para el Grupo de Control 1, donde la media es de 52.28 kg/cm² que representa el 24.90% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 17.78% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 1.54 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 54 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 2 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
I2 - 1	122.85	123.36	9.72
I2 - 2	130.66		
I2 - 3	125.51		
I2 - 4	134.95		
I2 - 5	118.94		
I2 - 6	107.23		

Nota: El Grupo de Control 1 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo I.

En la Tabla 54 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 2 días para el Grupo de Control 1, donde la media es de 123.36 kg/cm² que representa el 59.74% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 41.96% de la resistencia a la compresión

de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 9.72 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 55 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 3 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
I3 - 1	156.81	155.22	4.89
I3 - 2	147.91		
I3 - 3	152.73		
I3 - 4	154.47		
I3 - 5	156.78		
I3 - 6	162.60		

Nota: El Grupo de Control 1 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo I.

En la Tabla 55 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 3 días para el Grupo de Control 1, donde la media es de 155.22 kg/cm² que representa el 73.91% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 52.80% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 4.89 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 56 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 4 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
I4 - 1	189.88	187.56	12.96
I4 - 2	176.27		
I4 - 3	199.13		
I4 - 4	198.26		
I4 - 5	194.51		
I4 - 6	167.31		

Nota: El Grupo de Control 1 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo I.

En la Tabla 56 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 4 días para el Grupo de Control 1, donde la media es de 187.56 kg/cm² que representa el 89.31% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 63.80% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 12.96 kg/cm², lo que significa que



la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 57 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 5 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
I5 - 1	179.28	188.64	10.48
I5 - 2	195.34		
I5 - 3	204.51		
I5 - 4	179.09		
I5 - 5	181.05		
I5 - 6	192.59		

Nota: El Grupo de Control 1 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo I.

En la Tabla 57 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 5 días para el Grupo de Control 1, donde la media es de 188.64 kg/cm² que representa el 89.83% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 64.16% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 10.48 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 58 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 7 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
I7 - 1	212.25	210.61	5.28
I7 - 2	217.06		
I7 - 3	201.81		
I7 - 4	213.41		
I7 - 5	211.54		
I7 - 6	207.61		

Nota: El Grupo de Control 1 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo I.

En la Tabla 58 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días para el Grupo de Control 1, donde la media es de 210.61 kg/cm² que representa el 100.29% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 71.64% de la resistencia a la compresión



de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 5.28 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 59 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 14 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
I14 - 1	262.31	262.43	9.40
I14 - 2	270.80		
I14 - 3	248.26		
I14 - 4	256.70		
I14 - 5	262.30		
I14 - 6	274.18		

Nota: El Grupo de Control 1 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo I.

En la Tabla 59 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días para el Grupo de Control 1, donde la media es de 262.43 kg/cm² que representa el 124.97% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 89.26% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 9.40 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 60 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 1 a 28 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
I28 - 1	299.00	301.87	2.22
I28 - 2	301.79		
I28 - 3	300.79		
I28 - 4	304.11		
I28 - 5	300.67		
I28 - 6	304.85		

Nota: El Grupo de Control 1 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo I.

En la Tabla 60 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 28 días para el Grupo de Control 1, donde la media es de 301.87 kg/cm² que representa el 143.75% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 102.68% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 2.22 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos



son aceptables. De los resultados obtenidos a los 28 días podemos afirmar que el método ACI Comité 211 se ajusta al diseño de mezcla con cemento tipo I.

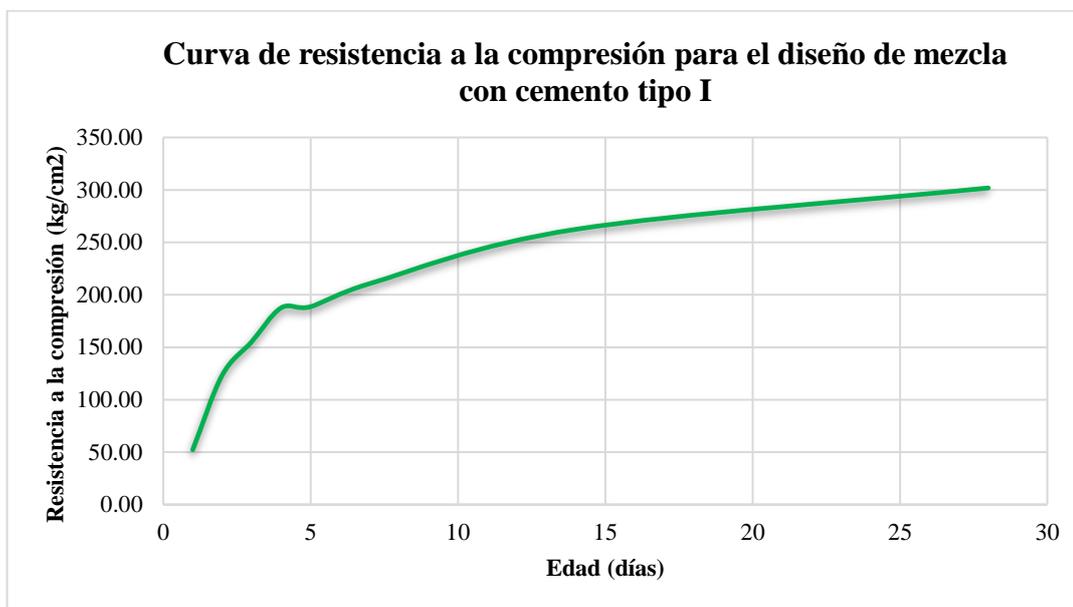


Figura 18 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con cemento tipo I

En la Figura 26 se presenta la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo I correspondiente al Grupo de Control 1, la curva durante los primeros 14 días tiene un incremento considerable en la resistencia a la compresión por lo que se puede deducir que este diseño tiene un comportamiento normal de resistencia inicial de compresión del concreto. El valor de la resistencia teórica 210 kg/cm² alcanza a los 7 días y el valor de la resistencia de diseño 294 kg/cm² alcanza a los 28 días.

5.4.2 Resistencia a la compresión del Grupo de Control 2

Tabla 61 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 1 día

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IP1 - 1	26.67	28.89	1.33
IP1 - 2	28.99		
IP1 - 3	29.49		
IP1 - 4	28.30		
IP1 - 5	30.66		
IP1 - 6	29.20		

Nota: El Grupo de Control 2 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP.



En la Tabla 61 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 1 día para el Grupo de Control 2, donde la media es de 28.89 kg/cm² que representa el 13.76% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 9.83% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 1.33 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 62 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 2 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IP2 - 1	45.76	47.55	3.93
IP2 - 2	45.58		
IP2 - 3	49.13		
IP2 - 4	50.15		
IP2 - 5	46.08		
IP2 - 6	48.62		

Nota: El Grupo de Control 2 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP.

En la Tabla 62 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 2 días para el Grupo de Control 2, donde la media es de 47.55 kg/cm² que representa el 22.64% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 16.17% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 3.93 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 63 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 3 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IP3 - 1	55.29	57.36	2.48
IP3 - 2	60.73		
IP3 - 3	57.20		
IP3 - 4	54.09		
IP3 - 5	57.41		
IP3 - 6	59.46		

Nota: El Grupo de Control 2 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP.



En la Tabla 63 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 3 días para el Grupo de Control 2, donde la media es de 57.36 kg/cm² que representa el 27.31% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 19.51% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 2.48 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 64 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 4 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IP4 - 1	75.95	77.67	5.08
IP4 - 2	83.17		
IP4 - 3	69.23		
IP4 - 4	81.86		
IP4 - 5	76.07		
IP4 - 6	79.73		

Nota: El Grupo de Control 2 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP.

En la Tabla 64 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 4 días para el Grupo de Control 2, donde la media es de 77.67 kg/cm² que representa el 36.99% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 26.42% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 5.08 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 65 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 5 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IP5 - 1	113.01	113.45	6.97
IP5 - 2	114.85		
IP5 - 3	121.09		
IP5 - 4	119.02		
IP5 - 5	113.39		
IP5 - 6	101.12		

Nota: El Grupo de Control 2 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP.



En la Tabla 65 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 5 días para el Grupo de Control 2, donde la media es de 113.45 kg/cm² que representa el 54.02% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 38.59% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 6.97 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 66 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 7 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IP7 - 1	134.37	139.07	3.69
IP7 - 2	136.18		
IP7 - 3	136.98		
IP7 - 4	143.12		
IP7 - 5	142.56		
IP7 - 6	141.21		

Nota: El Grupo de Control 2 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP.

En la Tabla 66 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días para el Grupo de Control 2, donde la media es de 139.07 kg/cm² que representa el 66.22% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 47.30% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 3.69 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 67 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 14 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IP14 - 1	127.55	145.06	11.44
IP14 - 2	150.34		
IP14 - 3	150.44		
IP14 - 4	154.76		
IP14 - 5	133.82		
IP14 - 6	153.43		

Nota: El Grupo de Control 2 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP.



En la Tabla 67 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días para el Grupo de Control 2, donde la media es de 145.06 kg/cm² que representa el 69.08% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 49.34% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 11.44 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

Tabla 68 — Resistencia a la compresión Grupo de Control 2 a 28 días

Código de la muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar
IP28 - 1	186.63	182.07	3.32
IP28 - 2	182.87		
IP28 - 3	183.30		
IP28 - 4	180.95		
IP28 - 5	176.49		
IP28 - 6	182.19		

Nota: El Grupo de Control 2 corresponde al diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP.

En la Tabla 68 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 28 días para el Grupo de Control 2, donde la media es de 182.07 kg/cm² que representa el 86.70% de la resistencia teórica 210 kg/cm² y 61.93% de la resistencia a la compresión de diseño 294 kg/cm². La desviación estándar es de 3.32 kg/cm², lo que significa que la variabilidad de los datos es mínimo y por ende los resultados obtenidos son aceptables.

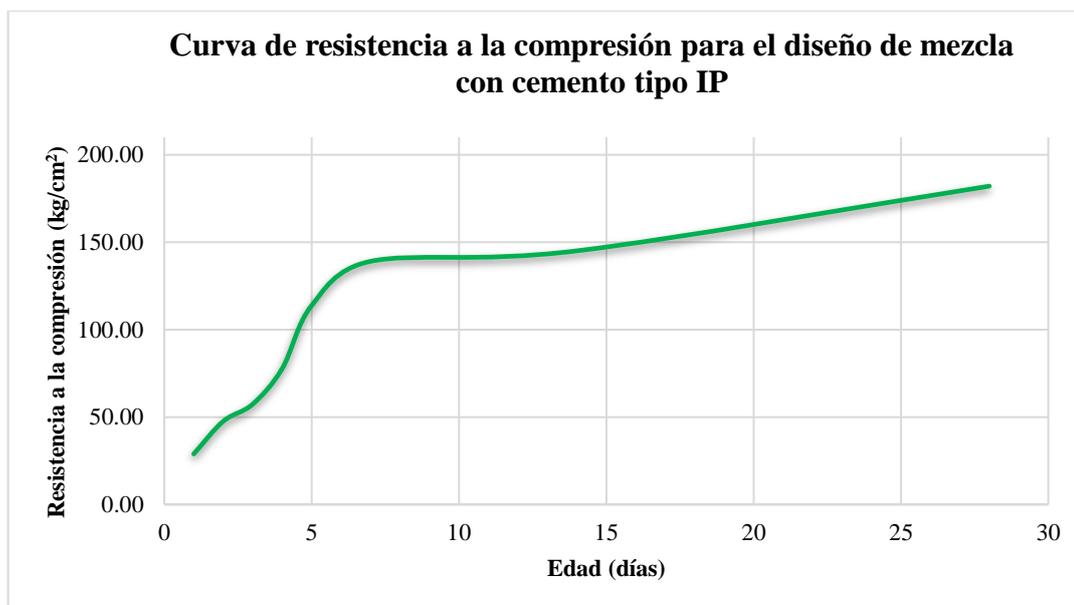


Figura 19 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con cemento tipo IP

En la Figura 27 se presenta la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo IP correspondiente al Grupo de Control 2, La curva nos muestra un ligero incremento a la resistencia a la compresión del concreto en comparación con los demás diseños de esta investigación. El valor de la resistencia teórica 210 kg/cm^2 no se logra alcanzar a la edad de 28 días por lo que la Metodología ACI Comité 211 no es recomendable para este tipo de cemento.

5.5 Contrastación de hipótesis

Para contrastar las hipótesis de la investigación se usará el análisis de varianza de un factor y prueba t de Student; el ANOVA de un factor será complementado con pruebas post hoc de Tukey.

5.5.1 Contrastación de hipótesis general

- **Paso 1.** Para contrastar esta hipótesis se usará el análisis de varianza de un factor, porque intervienen más de dos medias poblacionales.
- **Paso 2.** Se define las medias muestrales de los grupos experimentales y de control planteadas en la investigación:

μ_{G1-i} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días del grupo experimental 1, diseño de mezcla con cemento tipo HE.

μ_{G2-i} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días del grupo experimental 2, diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE.

μ_{G3-i} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días del grupo experimental 3, diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I.

μ_{G4-i} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días del grupo de control 1, diseño de mezcla convencional con cemento tipo I.

μ_{G5-i} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días del grupo de control 2, diseño de mezcla convencional con cemento tipo IP.

Donde el valor de i corresponde a 1, 2, 3, 4, 5, 7, 14 y 28 días.

- **Paso 3.** Definir las hipótesis.

$$H_0: \mu_{G1-i} = \mu_{G2-i} = \mu_{G3-i} = \mu_{G4-i}$$

H_1 : al menos una de las medias de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días es diferente de las demás.

- **Paso 4.** Prueba de Shapiro-Wilk, con la ayuda del software IBM SPSS Statistics Base 21 determinamos la prueba de normalidad.

H_0 : La variable proviene de una distribución normal

H_1 : La variable no proviene de una distribución normal

Si $p\text{-valor} < 0.05$ se rechaza H_0 .

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$ se acepta H_0 .

Prueba de normalidad para edad del concreto de 1 día.

Tabla 69 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 1 día

Variable dependiente	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Grupo experimental 1	0.857	6	0.180
	Grupo experimental 2	0.900	6	0.373
	Grupo experimental 3	0.962	6	0.837
	Grupo de control 1	0.816	6	0.081
	Grupo de control 2	0.959	6	0.815

De la Tabla 69 como el p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 tienen distribución aproximadamente normal para la edad del concreto de 1 día.



Tabla 70 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 2 días

Variable dependiente	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Grupo experimental 1	0.914	6	0.466
	Grupo experimental 2	0.940	6	0.660
	Grupo experimental 3	0.966	6	0.861
	Grupo de control 1	0.965	6	0.858
	Grupo de control 2	0.859	6	0.186

De la Tabla 70 como el p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 tienen distribución aproximadamente normal para la edad del concreto de 2 días.

Tabla 71 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 3 días

Variable dependiente	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Grupo experimental 1	0.827	6	0.102
	Grupo experimental 2	0.978	6	0.942
	Grupo experimental 3	0.980	6	0.950
	Grupo de control 1	0.974	6	0.918
	Grupo de control 2	0.968	6	0.880

De la Tabla 71 como p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 tienen distribución aproximadamente normal para la edad del concreto de 3 días.

Tabla 72 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 4 días

Variable dependiente	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Grupo experimental 1	0.892	6	0.328
	Grupo experimental 2	0.955	6	0.780
	Grupo experimental 3	0.904	6	0.395
	Grupo de control 1	0.871	6	0.230
	Grupo de control 2	0.930	6	0.581

De la Tabla 72 como p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental

3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 tienen distribución aproximadamente normal para la edad del concreto de 4 días.

Tabla 73 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 5 días

Variable dependiente	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Grupo experimental 1	0.815	6	0.079
	Grupo experimental 2	0.901	6	0.380
	Grupo experimental 3	0.807	6	0.068
	Grupo de control 1	0.872	6	0.233
	Grupo de control 2	0.884	6	0.287

De la Tabla 73 como p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 tienen distribución aproximadamente normal para la edad del concreto de 5 días.

Tabla 74 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 7 días

Variable dependiente	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Grupo experimental 1	0.936	6	0.627
	Grupo experimental 2	0.820	6	0.088
	Grupo experimental 3	0.983	6	0.965
	Grupo de control 1	0.948	6	0.723
	Grupo de control 2	0.893	6	0.333

De la Tabla 74 como p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 tienen distribución aproximadamente normal para la edad del concreto de 7 días.

Tabla 75 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 14 días

Variable dependiente	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Grupo experimental 1	0.981	6	0.955
	Grupo experimental 2	0.883	6	0.283
	Grupo experimental 3	0.970	6	0.891
	Grupo de control 1	0.963	6	0.842
	Grupo de control 2	0.810	6	0.072



De la Tabla 75 como p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 tienen distribución aproximadamente normal para la edad del concreto de 14 días.

Tabla 76 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 28 días

Variable dependiente	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Grupo experimental 1	0.944	6	0.691
	Grupo experimental 2	0.982	6	0.963
	Grupo experimental 3	0.865	6	0.206
	Grupo de control 1	0.937	6	0.635
	Grupo de control 2	0.947	6	0.715

De la Tabla 76 como p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 tienen distribución aproximadamente normal para la edad del concreto de 28 días.

- **Paso 5.** Prueba de análisis de varianza de un factor, con la ayuda del software IBM SPSS Statistics Base 21.

$$H_0: \mu_{G1-i} = \mu_{G2-i} = \mu_{G3-i} = \mu_{G4-i}$$

H_1 : al menos una de las medias de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días es diferente de las demás.

Si $p\text{-valor} < 0.05$ se rechaza H_0 .

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$ se acepta H_0 .

Tabla 77 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 1 día

	Suma de cuadrados	g.l	Media cuadrática	F	p-valor
Inter grupos	11308.331	4	2827.083	276.956	0.000
Intra grupos	255.193	25	10.208		
Total	11563.524	29			

De los resultados de la Tabla 77, p-valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias de la resistencia a la compresión del concreto del Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo



experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 es diferente, para la edad de 1 día.

Tabla 78 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 2 días

	Suma de cuadrados	g.l	Media cuadrática	F	p-valor
Inter grupos	47399.442	4	11849.860	344.608	0.000
Intra grupos	859.661	25	34.386		
Total	48259.103	29			

De los resultados de la Tabla 78, p-valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias de la resistencia a la compresión del concreto del Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 es diferente, para la edad de 2 días.

Tabla 79 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 3 días

	Suma de cuadrados	g.l	Media cuadrática	F	p-valor
Inter grupos	84549.728	4	21137.432	260.128	0.000
Intra grupos	2031.444	25	81.258		
Total	86581.172	29			

De los resultados de la Tabla 79, p-valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias de la resistencia a la compresión del concreto del Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 es diferente, para la edad de 3 días.

Tabla 80 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 4 días

	Suma de cuadrados	g.l	Media cuadrática	F	p-valor
Inter grupos	83311.749	4	20827.937	253.295	0.000
Intra grupos	2055.696	25	82.228		
Total	85367.445	29			



De los resultados de la Tabla 80, p-valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias de la resistencia a la compresión del concreto del Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 es diferente, para la edad de 4 días.

Tabla 81 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 5 días

	Suma de cuadrados	g.l	Media cuadrática	F	p-valor
Inter grupos	73296.036	4	18324.009	125.745	0.000
Intra grupos	3643.085	25	145.723		
Total	76939.121	29			

De los resultados de la Tabla 81, p-valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias de la resistencia a la compresión del concreto del Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 es diferente, para la edad de 5 días.

Tabla 82 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 7 días

	Suma de cuadrados	g.l	Media cuadrática	F	p-valor
Inter grupos	65061.379	4	16265.345	103.350	0.000
Intra grupos	3934.530	25	157.381		
Total	68995.910	29			

De los resultados de la Tabla 82, p-valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias de la resistencia a la compresión del concreto del Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 es diferente, para la edad de 7 días.



Tabla 83 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 14 días

	Suma de cuadrados	g.l	Media cuadrática	F	p-valor
Inter grupos	96784.756	4	24196.189	199.542	0.000
Intra grupos	3031.464	25	121.259		
Total	99816.219	29			

De los resultados de la Tabla 83, p-valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias de la resistencia a la compresión del concreto del Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 es diferente, para la edad de 14 días.

Tabla 84 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 28 días

	Suma de cuadrados	g.l	Media cuadrática	F	p-valor
Inter grupos	84994.820	4	21248.705	468.425	0.000
Intra grupos	1134.049	25	45.362		
Total	86128.869	29			

De los resultados de la Tabla 84, p-valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias de la resistencia a la compresión del concreto del Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 es diferente, para la edad de 28 días.

Para toda la edad de análisis p-valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias de la resistencia a la compresión del concreto del Grupo experimental 1, Grupo experimental 2, Grupo experimental 3, Grupo de control 1 y Grupo de control 2 es diferente, por lo tanto, se puede realizar las pruebas post hoc, en este caso se realizara la prueba Honestly Significant Difference Tukey.

- Paso 6 Pruebas post hoc

Tabla 85 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 1 día

GRUPOS (I)	GRUPOS (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	p-valor
Grupo experimental 1	Grupo experimental 2	-14.08500	1.845	0.000
	Grupo experimental 3	-16.77667	1.845	0.000
	Grupo de control 1	12.76333	1.845	0.000
	Grupo de control 2	36.15500	1.845	0.000
Grupo experimental 2	Grupo experimental 1	14.08500	1.845	0.000
	Grupo experimental 3	-2,69167	1.845	0.597
	Grupo de control 1	26.84833	1.845	0.000
	Grupo de control 2	50.24000	1.845	0.000
Grupo experimental 3	Grupo experimental 1	16.77667	1.845	0.000
	Grupo experimental 2	2.69167	1.845	0.597
	Grupo de control 1	29.54000	1.845	0.000
	Grupo de control 2	52.93167	1.845	0.000
Grupo de control 1	Grupo experimental 1	-12.76333	1.845	0.000
	Grupo experimental 2	-26.84833	1.845	0.000
	Grupo experimental 3	-29.54000	1.845	0.000
	Grupo de control 2	23.39167	1.845	0.000
Grupo de control 2	Grupo experimental 1	-36.15500	1.845	0.000
	Grupo experimental 2	-50.24000	1.845	0.000
	Grupo experimental 3	-52.93167	1.845	0.000
	Grupo de control 1	-23.39167	1.845	0.000

Tabla 86 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 2 días

GRUPOS (I)	GRUPOS (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	p-valor
Grupo experimental 1	Grupo experimental 2	-21.08667	3.386	0.000
	Grupo experimental 3	-37.33667	3.386	0.000
	Grupo de control 1	2.66500	3.386	0.932
	Grupo de control 2	78.46833	3.386	0.000
Grupo experimental 2	Grupo experimental 1	21.08667	3.386	0.000
	Grupo experimental 3	-16.25000	3.386	0.001
	Grupo de control 1	23.75167	3.386	0.000
	Grupo de control 2	99.55500	3.386	0.000
Grupo experimental 3	Grupo experimental 1	37.33667	3.386	0.000
	Grupo experimental 2	16.25000	3.386	0.001
	Grupo de control 1	40.00167	3.386	0.000
	Grupo de control 2	115.80500	3.386	0.000
Grupo de control 1	Grupo experimental 1	-2.66500	3.386	0.932
	Grupo experimental 2	-23.75167	3.386	0.000
	Grupo experimental 3	-40.00167	3.386	0.000
	Grupo de control 2	75.80333	3.386	0.000
Grupo de control 2	Grupo experimental 1	-78.46833	3.386	0.000
	Grupo experimental 2	-99.55500	3.386	0.000
	Grupo experimental 3	-115.80500	3.386	0.000
	Grupo de control 1	-75.80333	3.386	0.000

Tabla 87 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 3 días

GRUPOS (I)	GRUPOS (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	p-valor
Grupo experimental 1	Grupo experimental 2	-35.54333	5.204	0.000
	Grupo experimental 3	-40.71667	5.204	0.000
	Grupo de control 1	8.92667	5.204	0.443
	Grupo de control 2	106.78000	5.204	0.000
Grupo experimental 2	Grupo experimental 1	35.54333	5.204	0.000
	Grupo experimental 3	-5.17333	5.204	0.856
	Grupo de control 1	44.47000	5.204	0.000
	Grupo de control 2	142.32333	5.204	0.000
Grupo experimental 3	Grupo experimental 1	40.71667	5.204	0.000
	Grupo experimental 2	5.17333	5.204	0.856
	Grupo de control 1	49.64333	5.204	0.000
	Grupo de control 2	147.49667	5.204	0.000
Grupo de control 1	Grupo experimental 1	-8.92667	5.204	0.443
	Grupo experimental 2	-44.47000	5.204	0.000
	Grupo experimental 3	-49.64333	5.204	0.000
	Grupo de control 2	97.85333	5.204	0.000
Grupo de control 2	Grupo experimental 1	-106.78000	5.204	0.000
	Grupo experimental 2	-142.32333	5.204	0.000
	Grupo experimental 3	-147.49667	5.204	0.000
	Grupo de control 1	-97.85333	5.204	0.000

Tabla 88 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 4 días

GRUPOS (I)	GRUPOS (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	p-valor
Grupo experimental 1	Grupo experimental 2	-25.97833	5.235	0.000
	Grupo experimental 3	-34.74833	5.235	0.000
	Grupo de control 1	2.24000	5.235	0.993
	Grupo de control 2	112.13167	5.235	0.000
Grupo experimental 2	Grupo experimental 1	25.97833	5.235	0.000
	Grupo experimental 3	-8.77000	5.235	0.466
	Grupo de control 1	28.21833	5.235	0.000
	Grupo de control 2	138.11000	5.235	0.000
Grupo experimental 3	Grupo experimental 1	34.74833	5.235	0.000
	Grupo experimental 2	8.77000	5.235	0.466
	Grupo de control 1	36.98833	5.235	0.000
	Grupo de control 2	146.88000	5.235	0.000
Grupo de control 1	Grupo experimental 1	-2.24000	5.235	0.993
	Grupo experimental 2	-28.21833	5.235	0.000
	Grupo experimental 3	-36.98833	5.235	0.000
	Grupo de control 2	109.89167	5.235	0.000
Grupo de control 2	Grupo experimental 1	-112.13167	5.235	0.000
	Grupo experimental 2	-138.11000	5.235	0.000
	Grupo experimental 3	-146.88000	5.235	0.000
	Grupo de control 1	-109.89167	5.235	0.000

Tabla 89 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 5 días

GRUPOS (I)	GRUPOS (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	p-valor
Grupo experimental 1	Grupo experimental 2	-37.45667	6.969	0.000
	Grupo experimental 3	-52.75167	6.969	0.000
	Grupo de control 1	13.81500	6.969	0.303
	Grupo de control 2	88.71167	6.969	0.000
Grupo experimental 2	Grupo experimental 1	37.45667	6.969	0.000
	Grupo experimental 3	-15.29500	6.969	0.214
	Grupo de control 1	51.27167	6.969	0.000
	Grupo de control 2	126.16833	6.969	0.000
Grupo experimental 3	Grupo experimental 1	52.75167	6.969	0.000
	Grupo experimental 2	15.29500	6.969	0.214
	Grupo de control 1	66.56667	6.969	0.000
	Grupo de control 2	141.46333	6.969	0.000
Grupo de control 1	Grupo experimental 1	-13.81500	6.969	0.303
	Grupo experimental 2	-51.27167	6.969	0.000
	Grupo experimental 3	-66.56667	6.969	0.000
	Grupo de control 2	74.89667	6.969	0.000
Grupo de control 2	Grupo experimental 1	-88.71167	6.969	0.000
	Grupo experimental 2	-126.16833	6.969	0.000
	Grupo experimental 3	-141.46333	6.969	0.000
	Grupo de control 1	-74.89667	6.969	0.000



Tabla 90 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 7 días

GRUPOS (I)	GRUPOS (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	p-valor
Grupo experimental 1	Grupo experimental 2	-34.62333	7.243	0.001
	Grupo experimental 3	-42.65167	7.243	0.000
	Grupo de control 1	16.23500	7.243	,198
	Grupo de control 2	87.77833	7.243	0.000
Grupo experimental 2	Grupo experimental 1	34.62333	7.243	0.001
	Grupo experimental 3	-8.02833	7.243	0.801
	Grupo de control 1	50.85833	7.243	0.000
	Grupo de control 2	122.40167	7.243	0.000
Grupo experimental 3	Grupo experimental 1	42.65167	7.243	0.000
	Grupo experimental 2	8.02833	7.243	0.801
	Grupo de control 1	58.88667	7.243	0.000
	Grupo de control 2	130.43000	7.243	0.000
Grupo de control 1	Grupo experimental 1	-16.23500	7.243	0.198
	Grupo experimental 2	-50.85833	7.243	0.000
	Grupo experimental 3	-58.88667	7.243	0.000
	Grupo de control 2	71.54333	7.243	0.000
Grupo de control 2	Grupo experimental 1	-87.77833	7.243	0.000
	Grupo experimental 2	-122.40167	7.243	0.000
	Grupo experimental 3	-130.43000	7.243	0.000
	Grupo de control 1	-71.54333	7.243	0.000

Tabla 91 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 14 días

GRUPOS (I)	GRUPOS (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	p-valor
Grupo experimental 1	Grupo experimental 2	-41.82500	6.358	0.000
	Grupo experimental 3	-74.95167	6.358	0.000
	Grupo de control 1	-24.45667	6.358	0.006
	Grupo de control 2	92.91167	6.358	0.000
Grupo experimental 2	Grupo experimental 1	41.82500	6.358	0.000
	Grupo experimental 3	-33.12667	6.358	0.000
	Grupo de control 1	17.36833	6.358	0.077
	Grupo de control 2	134.73667	6.358	0.000
Grupo experimental 3	Grupo experimental 1	74.95167	6.358	0.000
	Grupo experimental 2	33.12667	6.358	0.000
	Grupo de control 1	50.49500	6.358	0.000
	Grupo de control 2	167.86333	6.358	0.000
Grupo de control 1	Grupo experimental 1	24.45667	6.358	0.006
	Grupo experimental 2	-17.36833	6.358	0.077
	Grupo experimental 3	-50.49500	6.358	0.000
	Grupo de control 2	117.36833	6.358	0.000
Grupo de control 2	Grupo experimental 1	-92.91167	6.358	0.000
	Grupo experimental 2	-134.73667	6.358	0.000
	Grupo experimental 3	-167.86333	6.358	0.000
	Grupo de control 1	-117.36833	6.358	0.000

Tabla 92 — Comparaciones múltiples HSD Tukey – edad 28 días

GRUPOS (I)	GRUPOS (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	p-valor
Grupo experimental 1	Grupo experimental 2	3.62167	3.889	0.882
	Grupo experimental 3	-37.36167	3.889	0.000
	Grupo de control 1	-0.66667	3.889	1.000
	Grupo de control 2	119.13000	3.889	0.000
Grupo experimental 2	Grupo experimental 1	-3.62167	3.889	0.882
	Grupo experimental 3	-40.98333	3.889	0.000
	Grupo de control 1	-4.28833	3.889	0.803
	Grupo de control 2	115.50833	3.889	0.000
Grupo experimental 3	Grupo experimental 1	37.36167	3.889	0.000
	Grupo experimental 2	40.98333	3.889	0.000
	Grupo de control 1	36.69500	3.889	0.000
	Grupo de control 2	156.49167	3.889	0.000
Grupo de control 1	Grupo experimental 1	0.66667	3.889	1.000
	Grupo experimental 2	4.28833	3.889	0.803
	Grupo experimental 3	-36.69500	3.889	0.000
	Grupo de control 2	119.79667	3.889	0.000
Grupo de control 2	Grupo experimental 1	-119.13000	3.889	0.000
	Grupo experimental 2	-115.50833	3.889	0.000
	Grupo experimental 3	-156.49167	3.889	0.000
	Grupo de control 1	-119.79667	3.889	0.000

Tabla 93 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 1 día

GRUPOS	N	Subconjunto con $\alpha = 5\%$			
		1	2	3	4
Grupo de control 2	6	28.8850			
Grupo de control 1	6		52.2767		
Grupo experimental 1	6			65.0400	
Grupo experimental 2	6				79.1250
Grupo experimental 3	6				81.8167
Significancia		1.000	1.000	1.000	0.597

En la Tabla 93 se presenta los subconjuntos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión para la edad de 1 día, donde el subconjunto conformado por el Grupo Experimental 2 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE) y Grupo Experimental 3 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I) es superior al Grupo Experimental 1 (diseño de mezcla con cemento tipo HE).

Tabla 94 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 2 días

GRUPOS	N	Subconjunto con $\alpha = 5\%$			
		1	2	3	4
Grupo de control 2	6	47.5533			
Grupo de control 1	6		123.3567		
Grupo experimental 1	6		126.0217		
Grupo experimental 2	6			147.1083	
Grupo experimental 3	6				163.3583
Significancia		1,000	,932	1,000	1,000

En la Tabla 94 se presenta los subconjuntos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión para la edad de 2 días, donde el subconjunto conformado por el Grupo Experimental 3 es superior al Grupo Experimental 2 y este es superior al Grupo Experimental 1.



Tabla 95 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 3 días

GRUPOS	N	Subconjunto con $\alpha = 5\%$		
		1	2	3
Grupo de control 2	6	57.3633		
Grupo de control 1	6		155.2167	
Grupo experimental 1	6		164.1433	
Grupo experimental 2	6			199.6867
Grupo experimental 3	6			204.8600
Significancia		1.000	0.443	0.856

En la Tabla 95 se presenta los subconjuntos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión para la edad de 3 días, donde el subconjunto conformado por el Grupo Experimental 2 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE) y Grupo Experimental 3 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I) es superior al Grupo Experimental 1 (diseño de mezcla con cemento tipo HE).

Tabla 96 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 4 días

GRUPOS	N	Subconjunto con $\alpha = 5\%$		
		1	2	3
Grupo de control 2	6	77.6683		
Grupo de control 1	6		187.5600	
Grupo experimental 1	6		189.8000	
Grupo experimental 2	6			215.7783
Grupo experimental 3	6			224.5483
Significancia		1.000	0.993	0.466

En la Tabla 96 se presenta los subconjuntos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión para la edad de 4 días, donde el subconjunto conformado por el Grupo Experimental 2 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE) y Grupo Experimental 3 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I) es superior al Grupo Experimental 1 (diseño de mezcla con cemento tipo HE).



Tabla 97 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 5 días

GRUPOS	N	Subconjunto con $\alpha = 5\%$		
		1	2	3
Grupo de control 2	6	113.7467		
Grupo de control 1	6		188.6433	
Grupo experimental 1	6		202.4583	
Grupo experimental 2	6			239.9150
Grupo experimental 3	6			255.2100
Significancia		1.000	0.303	0.214

En la Tabla 97 se presenta los subconjuntos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión para la edad de 5 días, donde el subconjunto conformado por el Grupo Experimental 2 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE) y Grupo Experimental 3 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I) es superior al Grupo Experimental 1 (diseño de mezcla con cemento tipo HE). En la

Tabla 98 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 7 días

GRUPOS	N	Subconjunto con $\alpha = 5\%$		
		1	2	3
Grupo de control 2	6	139.0700		
Grupo de control 1	6		210.6133	
Grupo experimental 1	6		226.8483	
Grupo experimental 2	6			261.4717
Grupo experimental 3	6			269.5000
Significancia		1.000	0.198	0.801

Tabla 98 se presenta los subconjuntos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión para la edad de 7 días, donde el subconjunto conformado por el Grupo Experimental 2 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE) y Grupo Experimental 3 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I) es superior al Grupo Experimental 1 (diseño de mezcla con cemento tipo HE).



Tabla 99 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 14 días

GRUPOS	N	Subconjunto con $\alpha = 5\%$			
		1	2	3	4
Grupo de control 2	6	145.0567			
Grupo experimental 1	6		237,9683		
Grupo de control 1	6			262,4250	
Grupo experimental 2	6			279,7933	
Grupo experimental 3	6				312,9200
Significancia		1,000	1,000	,077	1,000

En la Tabla 99 se presenta los subconjuntos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión para la edad de 14 días, donde el subconjunto conformado por el Grupo Experimental 3 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I) es superior al subconjunto conformado por el Grupo Experimental 2 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE) y Grupo Experimental 1 (diseño de mezcla con cemento tipo HE).

Tabla 100 — Subconjuntos homogéneos HSD Tukey – edad 28 días

GRUPOS	N	Subconjunto con $\alpha = 5\%$		
		1	2	3
Grupo de control 2	6	182.0717		
Grupo experimental 2	6		297.5800	
Grupo experimental 1	6		301.2017	
Grupo de control 1	6		301.8683	
Grupo experimental 3	6			338.5633
Significancia		1.000	0.803	1.000

En la Tabla 100 se presenta los subconjuntos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión para la edad de 28 días, donde el subconjunto conformado por el Grupo Experimental 3 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I) es superior al subconjunto conformado por el Grupo Experimental 2 (diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE), Grupo Experimental 1 (diseño de mezcla con cemento tipo HE) y Grupo de Control 1 (diseño de mezcla con cemento tipo I).



- **Paso 7** Contrastación

Como hipótesis general de la investigación se planteó que: la resistencia inicial a la compresión del concreto elaborado con el diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5 es mayor que la resistencia inicial a la compresión del concreto elaborado con el diseño de mezcla con cemento tipo HE.

De la Tabla 93, Tabla 94, Tabla 95, Tabla 96, Tabla 97, Tabla 98, Tabla 99; para la edad de ensayo de 1, 2, 3, 4, 5, 7 y 14 se evidencia que la media del grupo experimentales 2 y grupo experimental 3 es mayor que la media del grupo experimental 1 por lo que se concluye que la resistencia inicial a la compresión del concreto elaborado con el diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5 es mayor que la resistencia inicial a la compresión del concreto elaborado con el diseño de mezcla con cemento tipo HE.

5.5.2 Contrastación de hipótesis específicas

Para contrastar las hipótesis específicas se usará el estadístico de prueba t Student para una muestra y ANOVA de un factor.

- a. La resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con cemento tipo HE es mayor a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

- **Paso 1** Datos

\bar{x} : Media de la resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con cemento tipo HE es de 202.46 kg/cm^2 .

μ : 210 kg/cm^2 ; s : Desviación estándar muestral es de 16.50 kg/cm^2 y $n = 6$.

- **Paso 2** Declaración de hipótesis.

$$H_0: \bar{x} = \mu$$

$$H_1: \bar{x} > \mu$$

- **Paso 3** Determinamos el valor de crítico.

Para 5 grados de libertad y para $\alpha=0.05$ de la tabla de distribución de t de Student se obtiene el valor de:

$$t_c = 2.015$$

- **Paso 4** Determinamos el valor de prueba

$$t_p = \frac{202.46 - 210}{\frac{16.50}{\sqrt{6}}}$$

$$t_p = -1.1196$$

- **Paso 5** Regla de aceptación $t_p = -1.1196$ y $t_c = 2.015$

Si $t_p < t_c$ se acepta H_0 .

Si $t_p \geq t_c$ se rechaza H_0 .

- **Paso 6** Decisión

Se acepta la hipótesis nula y se afirma que La resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con cemento tipo HE no es mayor a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

- b. La resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5 es mayor a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

- **Paso 1.** De la Tabla 97, las medias muestrales de la resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, del grupo experimental 2 y grupo experimental 3 que corresponden al diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5 son 239.92 kg/cm^2 y 255.21 kg/cm^2 respectivamente.

- **Paso 2.** Decisión

Se afirma que la resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5 es mayor a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

- c. La resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, elaborado mediante el diseño de mezcla convencional es menor a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

- **Paso 1.** De la Tabla 97, las medias muestrales de la resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, del grupo de control 1 y grupo de control 2 que corresponden al diseño de mezcla convencional son 113.75 kg/cm^2 y 188.64 kg/cm^2 respectivamente.

- **Paso 2.** Decisión

Se afirma que la resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, elaborado mediante el diseño de mezcla convencional es menor a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.



5.6 Discusión

5.6.1 Diseño de mezcla

La relación de agua cemento empleado en el diseño de mezcla con cemento tipo HE, diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE, diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I, diseño de mezcla con cemento tipo I y diseño de mezcla con cemento tipo IP fue de 0.56 valor calculado con la Tabla 22. La relación de agua cemento empleada dio buenos resultados para el diseño de mezcla con cemento tipo HE, diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE, diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I, diseño de mezcla con cemento tipo I, pero para el diseño de mezcla con cemento tipo IP no se logró alcanzare la resistencia teórica de 210 kg/cm^2 .

Castellón Corrales y De la Ossa Arias (2013) en su tesis denominada “Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos tipo I y tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes”, empleo una relación de agua cemento de 0.40 en su mezcla de concreto con cemento tipo I sin y con aditivos no fue óptima en cambio para la mezcla con cemento tipo III sin y con aditivos fue óptima.

Borja Quintanilla y Rea Castillo (2015) en su investigación “Análisis comparativo del módulo de rotura en vigas de hormigón simple y vigas reforzadas con fibra de carbono con una resistencia a la compresión de 28 MPa utilizando agregados del sector Guayllabamba y cemento Holcim tipo HE” realizó el diseño de la mezcla con dos tipos de cemento, para comprarlos para ello utilizo la misma dosificación con una relación de agua cemento de 0.53, obteniendo los resultados esperados, altas resistencias a tempranas edades con el cemento Holcim tipo HE, y comportamiento normal en con el cemento Holcim tipo GU.

5.6.2 Resistencia a la compresión

- En la investigación se usó el aditivo acelerante Z fragua N°5 en una proporción del 1% del peso del cemento logrando a los 3 días una variación que se muestra en la Tabla 101.

Tabla 101 — Resistencia a la compresión a la edad de 3 días

Grupos	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)	Variación con el Grupo de control 1 (%)	Variación con el Grupo de control 2 (%)
Grupo experimental 1 (HE)	164.14	5.44	65.05
Grupo experimental 2 (HEA)	199.69	22.27	71.27
Grupo experimental 3 (IA)	204.86	24.23	72.00
Grupo de control 1 (I)	155.22		
Grupo de control 2 (IP)	57.36		

- Así mismo Floriano Valerio (2018) en su tesis denominado “Resistencia a la compresión de un concreto, utilizando aditivo acelerante Z fragua N°5, cemento portland compuesto tipo ICO y agregados de cantera de la ciudad de Trujillo” «que el uso del aditivo en pocas proporciones (3 % del peso del cemento), acelera el fraguado del concreto a los 3 días de curado en un 34.4 % respectivamente» (Floriano Valerio, 2018, pp. 57 - 58). De ambas investigaciones el Grupo Experimental 3 acelera el fraguado del concreto en un 72.00% con respecto al Grupo de control 2.
- Por otra parte Ponce Córdova (2016) en su tesis “Estudio comparativo del efecto de aditivos Chema y Sika aceleradores de fragua en la ciudad del Cusco en concretos expuestos a climas alto andinos”, demostró la «incidencia de la menor resistencia de concreto obtenida en una proporción mínima es 149.13 kg/cm² a los 3 días, que corresponde al aditivo Chema 5» (Ponce Córdova, 2016, p. 221). Comparando esta resistencia a los 3 días en esta investigación se tiene mejores resultados para Grupo experimental 1 (HE), Grupo experimental 2 (HEA), Grupo experimental 3 (IA) y Grupo de control 1 (I).
- Cubas Miranda (2019) en su tesis “Influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo 2019” «La mezcla patrón obtuvo una resistencia a 3, 7, 14 y 28 días de 145 Kg.f/cm², 186 Kg.f/cm², 224 Kg.f/cm² y 248 Kg.f/cm²

respectivamente...» (Cubas Miranda, 2019, p. 99). En esta investigación se obtuvieron resultados mayores de resistencia la compresion del Grupo de Control 1 a edades de 3, 7, 14 y 28 días son locales son 155 kg/cm^2 , 210.61 kg/cm^2 , 262.43 kg/cm^2 y 301.87 kg/cm^2 . Tambien Cubas Miranda (2019) determina que el aditivo «...Z Fragua #5 presenta a edad de 28 días una compresión de 267 Kg.f/cm^2 en su cantidad del 2% respecto al peso del cemento» (Cubas Miranda, 2019, p. 105), con el uso del mismo aditivo esta investigación, pero con una dosificación del 1% con respecto al peso del cemento a los 28 días se obtuvieron mejores resultados Grupo experimental 2 (HEA) 297.58 kg/cm^2 y Grupo experimental 3 (IA) 338.56 kg/cm^2 .

- López Ochoa y Bocanegra Pinilla (2017) en su imvestigacion “Comparación entre las resistencias obtenidas mediante ensayos de compresión en cilindros de mortero de inyección con: material saturado, aditivos plastificantes y/o acelerantes” con el acelerante SikaLatex a los 28 días logra obtener una resitencia a la compresión del 110% de la resistencia de diseño. Asi mismo en esta investigacion a los 28 días con el uso del aditivo Z fragua # 5 se logra resultados similares a la resistencia a la compresión, para el Grupo experimental 2 (HEA) un valor de 297.58 kg/cm^2 y para el Grupo experimental 3 (IA) el valor de 338.56 kg/cm^2 que representa el 101 % y 115 % respectivamente de la resistencia de diseño 294 kg/cm^2 .
- Baca Pinelo y Boy Sánchez (2015) en su tesis “Influencia del porcentaje y tipo de acelerante, sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de un concreto de rápido fraguado”, determino que «un concreto con 4% de aditivo acelerante Sika 3 presenta mejor resistencia a la compresión (209.3 Kg/cm^2) en comparación de las probetas testigos (164.3 kg/cm^2)» (Baca Pinelo y Boy Sánchez, 2015, p.vi). En la investigacion con el uso de Aditivo Z fragua se obtienen mejores resutados a la resistencia a la compresión, para el Grupo experimental 2 (HEA) un valor de 297.58 kg/cm^2 y para el Grupo experimental 3 (IA) el valor de 338.56 kg/cm^2 .
- Carlos Gonzales (2019) en su tesis “Análisis comparativo de las características físico -mecánicas de los cementos comerciales portland tipo IP, HE y HS, en la región Arequipa”, El cemento tipo HE adquiere un 30% de resistencia adicional

en relación del Cemento tipo IP » (Carlos Gonzales, 2019, p. 147). En la presente investigación a los 28 días la resistencia a la compresión del Grupo experimental 1 que está elaborado con cemento tipo HE tiene un valor de 301.20 kg/cm² y la resistencia a la compresión del Grupo de control 2 elaborado con cemento tipo IP tiene un valor de 182.07 kg/cm², cuya resistencia adicional es de 119.13 kg/cm² lo cual representa un 39.55%.

- Tinen Ruiz (2018) en su tesis “Resistencia a la compresión de un concreto, elaborado con cemento Portland tipo I y aditivo SikaCem -1 Acelerante en polvo”, determinó la resistencia a la compresión de las muestras de concreto para dosificación de 2.35% «obtuvo 187.38 Kg/cm² a los 3 días, 221.53 Kg/cm² a los 7 días y 243.34 Kg/cm² a los 28 días» (Tinen Ruiz, 2018, p. 61). Comparando estos resultados con la presente investigación con el uso de Aditivo Z fragua y cemento tipo I se obtienen mejores resultados a la resistencia a la compresión, para el Grupo experimental 3 (IA), un valor de 204.86 kg/cm² a los 3 días, 269.50 kg/cm² a los 7 días y 338.56 kg/cm² a los 28 días.
- La Tabla 102 muestra los valores de las variaciones de las resistencias promedios de los grupos experimentales con respecto a los grupos de control a la edad de 28 días.

Tabla 102 — Resistencia a la compresión a la edad de 28 días

Grupos	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)	Variación con el Grupo de control 1 (%)	Variación con el Grupo de control 2 (%)
Grupo experimental 1 (HE)	301.20	-0.22	39.55
Grupo experimental 2 (HEA)	297.58	-1.44	38.82
Grupo experimental 3 (IA)	338.56	10.84	46.22
Grupo de control 1 (I)	301.87		
Grupo de control 2 (IP)	182.07		

La variación del promedio de la resistencia a la compresión del Grupo de control 1 con respecto a Grupo experimental 1, Grupo experimental 2 y Grupo experimental 3 es



mínima lo cual evidencia que se logró acelerar la resistencia a la compresión del concreto. En cambio, la variación del promedio de la resistencia a la compresión del Grupo de control 2 con respecto a Grupo experimental 1, Grupo experimental 2 y Grupo experimental 3 es muy significativa porque el Grupo de Control 2 no llega a la resistencia d diseño a los 28 días.

5.6.3 Tiempo de fraguado del cemento

Los datos obtenidos del fraguado inicial que se presentan en la Figura 13 y fraguado final del cemento en la Figura 14, se encuentran dentro del rango permitido de la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, Cementos, cementos portland, requisitos, que de acuerdo al «ensayo de Vicat el tiempo de fraguado inicial no menor que 45 minutos y el tiempo de fraguado final no mayor que 375 minutos» (INDECOPI, 2013, p. 13).

Zegarra Agip y Zegarra Suarez (2016) en su investigación “Estudio del nivel de efectividad de los aditivos acelerantes de fragua marca Sika-3 y Chema-5 en concretos aplicables a zonas alto andinas de región Lambayeque” «respecto a los aditivos acelerantes de fragua utilizados en la investigación, el Sika 3 se comporta mejor, generando un menor tiempo inicial de fraguado para $f'c = 210 \text{ cm}^2$ en 3.56 horas» (Zegarra Agip y Zegarra Suarez, 2016, p.156), dicho resultado es mayor a los resultados de fragua inicial obtenidos en la presente investigación (151 minutos para el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #4 y cemento tipo HE y 211 minutos para el diseño de mezcla con cemento tipo I), la variación se debe a la diferencia de altitud del lugar de investigación puesto que a mayor altitud el concreto tiene un fraguado inicial en mayor tiempo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En esta investigación se demostró que la resistencia inicial a la compresión del concreto elaborado con el diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5 es mayor que la resistencia inicial a la compresión del concreto elaborado con el diseño de mezcla con cemento tipo HE por lo que se puede afirmar que el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 alcanza mayor resistencia inicial a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para optimizar tiempos en la construcción.

Se evaluó la resistencia a la compresión del concreto a edades de 5, 7, 14 y 28 días elaborado mediante el diseño de mezcla con cemento tipo HE, pero no se logró demostrar que la resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con cemento tipo HE sea mayor a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Se logró evaluar la resistencia a la compresión del concreto a edades de 5, 7, 14 y 28 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5 y con ello se demuestra que la resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con aditivo Z fragua # 5 es mayor a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Se evaluó la resistencia a la compresión del concreto a edades de 5, 7, 14 y 28 días, elaborado mediante el diseño de mezcla convencional de concreto y se demuestra que la resistencia a la compresión del concreto a edad de 5 días, elaborado mediante el diseño de mezcla convencional es menor a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.



6.2 Recomendaciones

Para obtener altas resistencias iniciales a la compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ para edades de 5 días se recomienda el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo I o el diseño de mezcla con aditivo Z fragua #5 y cemento tipo HE y para edades de 7 días el diseño de mezcla con cemento tipo HE.

Continuar profundizando en el estudio de diseños de mezcla con los diferentes tipos y marcas de cemento y/o aditivos que se tiene en el mercado peruano con el objetivo acelerar la resistencia inicial a la compresión del concreto para diferentes valores de fuerza a la compresión de diseño.

Realizar estudios de diseño de mezcla con el cemento yura tipo IP, porque no se logró la resistencia de diseño a los 28 días por ello este diseño no cumple con el método del comité ACI 211.

A los profesionales que se dedican a la actividad de la construcción de obras civiles recomendar el uso adecuado a los diferentes tipos de cemento y/o aditivos, priorizando la funcionalidad en lugar de los costos bajos de estos materiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM C 1157. (2003). *Standard Performance Specification for.* USA: Annual Book of ASTM Standards volume information.

AASHTO M85. 2012. *Standard Specification for Portland Cement.* Washinton DC, 2012.

ABANTO CASTILLO, F. 2009. *Tecnología del concreto.* 2.^a ed. Lima : San Marcos E.I.R.L., 2009. pp. 242. ISBN 978-612-302-060-6.

AGUILAR-MÁRQUEZ, A. ALTAMIRA-IBARRA, J. y GARCÍA-LEÓN, O. 2010. *Introducción a la inferencia estadística.* México D.F : Pearson Custom Publishing, 2010. pp. 216. ISBN 978-607-442-737-0.

ARIAS-CHÁVEZ, D. 2019. *Manual para citar y referenciar fuentes en textos de ingeniería según la norma ISO 690-2.* Huancayo : Universidad Continental. Fondo editorial, 2019. pp. 81. ISBN: 978-612-4443-04-6.

ASTM C 1157. 2003. *Standard Performance Specification for.* USA : Annual Book of ASTM Standards volume information, 2003.

ASTM C 150. 1986. *Specification for Portland Cement.* Philadelphia : American Society for Testing and Materials Philadelphia, 1986.

ASTM C 219. 1998. *Standard Terminology Relating to Hydraulic Cement.* Easton MD USA : Annual Book of ASTM Standards, 1998.

BACA-PINELO, J. y J. BOY-SANCHÉZ. 2015. *Influencia del porcentaje y tipo de acelerante, sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de un concreto de rapido fraguado.* Tesis (Título de Ingeniero de Materiales). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2015. pp. 59.

BALZAMO, H. et al. 2012. *Ese material llamado hormigon.* Buenos Aires : Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 2012. pp. 360. ISBN 978-987-21660-5-2.

BORJA-QUINTANILLA, W. y J. REA-CASTILLO. 2015. *Análisis comparativo del módulo de rotura en vigas de hormigón simple y vigas reforzadas con fibra de carbono con una resistencia a la compresión de 28 MPa utilizando agregados del sector Guayllabamba y cemento Holcim tipo HE.* Quito - Ecuador, 2015. pp. 216, Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero civil.

CARLOS-GONZALES, L. 2019. *Análisis comparativo de las características físico – mecánicas de los cementos comerciales portland tipo IP, HE y HS, en la región Arequipa.* Arequipa - Perú, 2019. pp. 174, Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

CARRASCO-DIAZ, S. 2006. *Metodología de la investigación científica.* Lima : San Marcos, 2006. pp. 474. ISBN 9972-34-242-5.

CASTELLÓN-CORRALES, H. y K. DE-LA-OSSA-ARIAS. 2013. *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cemento tipo I y tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes.* Cartagena : s.n., 2013. pp. 106.



CUBAS-MIRANDA, F. 2019. *Influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo 2019.* Trujillo, 2019. pp. 227.

FLORIANO-VALERIO, A. 2018. *Resistencia a la compresión de un concreto, utilizando aditivo acelerante Z fragua N°5, cemento portland compuesto tipo ICO y agregados de cantera de la ciudad de Trujillo.* Trujillo: s.n., 2018. pp. 87, Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

GUTIÉRREZ-GONZÁLES, E. y O. VLADIMIROVNA-PANTELEEVA. 2016. *Estadística inferencial I para ingeniería y ciencias.* Ciudad de México : Grupo Editorial Patria, 2016. pp. 347. ISBN 978-607-744-487-9.

HARMSSEN, T. 2017. *Diseño de estructuras de concreto armado.* Quinta. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial, 2017. pp. 900. ISBN 9786123172978.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R, FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA-LUCIO, M.. 2014. *Metodología de la investigación.* 6.ª ed. México D.F : McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A, 2014. pp. 600. ISBN 978-1-4562-2396-0.

INDECOPI. 2001. *Norma Técnica Peruana NTP 334.001. Cementos, definiciones y nomenclatura.* 2.ª ed. Lima : INDECOPI, 2001. pp. 15.

INDECOPI. 2013. *Norma Técnica Peruana NTP 334.009. Cementos, cementos Portland, Requisitos.* 5.ª ed. Lima : INDECOPI, 2013. pp. 24.

INDECOPI. 2014. *Norma Técnica Peruana NTP 400.037. Agregados, especificaciones normalizadas para agregados en concreto.* 3.ª ed. Lima : INDECOPI, 2014. pp. 20.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. 2006. *Glosario básico de términos estadísticos.* Lima, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. 2020. *Venta local de cemento por empresa, según departamento, 2017-2020.* Lima, 2020.

KOSMATKA, S. et al. 2004. *Diseño y control de mezclas de concreto.* Illinois : Portland Cement Association, 2004. pp. 448. ISBN 0-89312-233-5.

LÓPEZ-OCHOA, W. y V. BOCANEGRA-PINILLA. 2017. *Comparación entre las resistencias obtenidas mediante ensayos de compresión en cilindros de mortero de inyección con: material saturado, aditivos plastificantes y/o acelerantes.* Bogotá, 2017. pp. 69, Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero (a) civil.

LUCERO-AGUILAR, A. 2009. *Influencia de un acelerador de fraguado normal en la trabajabilidad y resistencia de morteros.* Valdivia, 2009. pp. 75, Tesis para optar el título de Ingeniero Constructor.

MARTINEZ-BENCARDINO, C. 2012. *Estadística y muestreo.* 13.ª ed. Bogotá : Ecoe Ediciones, 2012. pp. 879. ISBN 978-958-648-702-3.



MOORE, D. 2005. *Estadística aplicada básica*. 2.^a ed. Barcelona : Antoni Bosch, 2005. pp. 835. ISBN 84-95348-04-7.

NEVILLE, A. 2013. *Tecnología del concreto*. Cuarta. México D.F : Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2013. pp. 541. ISBN 968-464-092-7.

NIÑO-HERNÁNDEZ, J. 2010. *Tecnología del concreto*. 3.^a ed. Bogotá : Asociación Colombiana de Productores de Concreto - ASOCRETO, 2010. pp. 232. Vol. I. ISBN 978-958-8564-03-6.

PONCE-CÓRDOVA, E. 2016. *Estudio comparativo del efecto de aditivos Chema y Sika aceleradores de fragua en la ciudad del Cusco en concretos expuestos a climas alto andinos*. Cusco, 2016. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

RIVVA-LÓPEZ, E. 2000. *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima : Capítulo peruano ACI, 2000. pp. 390.

SANCHEZ-DE-GUZMAN, D. 2001. *Tecnología del concreto y del mortero*. 3.^a ed. Bogotá : Bhandar Esitores Ltda., 2001. pp. 349. ISBN 9589247040.

TINEN-RUIZ, S. 2018. *Resistencia a la compresión de un concreto, elaborado con cemento Portland tipo I y aditivo SikaCem -I Acelerante en polvo*. Trujillo : Universidad César Vallejo, 2018. pp. 81, Tesis de grado.

TRIOLA, M. 2018. *Estadística*. Decimosegunda. Ciudad de México : Pearson Educación de México, 2018. pp. 784. ISBN 978-607-32-4378-0.

VARA-HORNA, A. 2012. *Desde La Idea hasta la sustentación: Siete pasos para una tesis exitosa. Un método efectivo para las ciencias empresariales*. Tercera. Lima : Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos. Universidad de San Martín de Porres, 2012. pp. 451.

ZEGARRA-AGIP, A y J. ZEGARRA SUAREZ. 2016. *Estudio del nivel de efectividad de los aditivos acelerantes de fragua marca Sika-3 y Chema-5 en concretos aplicables a zonas alto andinas de la región Lambayeque*. Pimentel, 2016. pp. 262.



ANEXOS



Anexo 1: Instrumentos de recolección de información

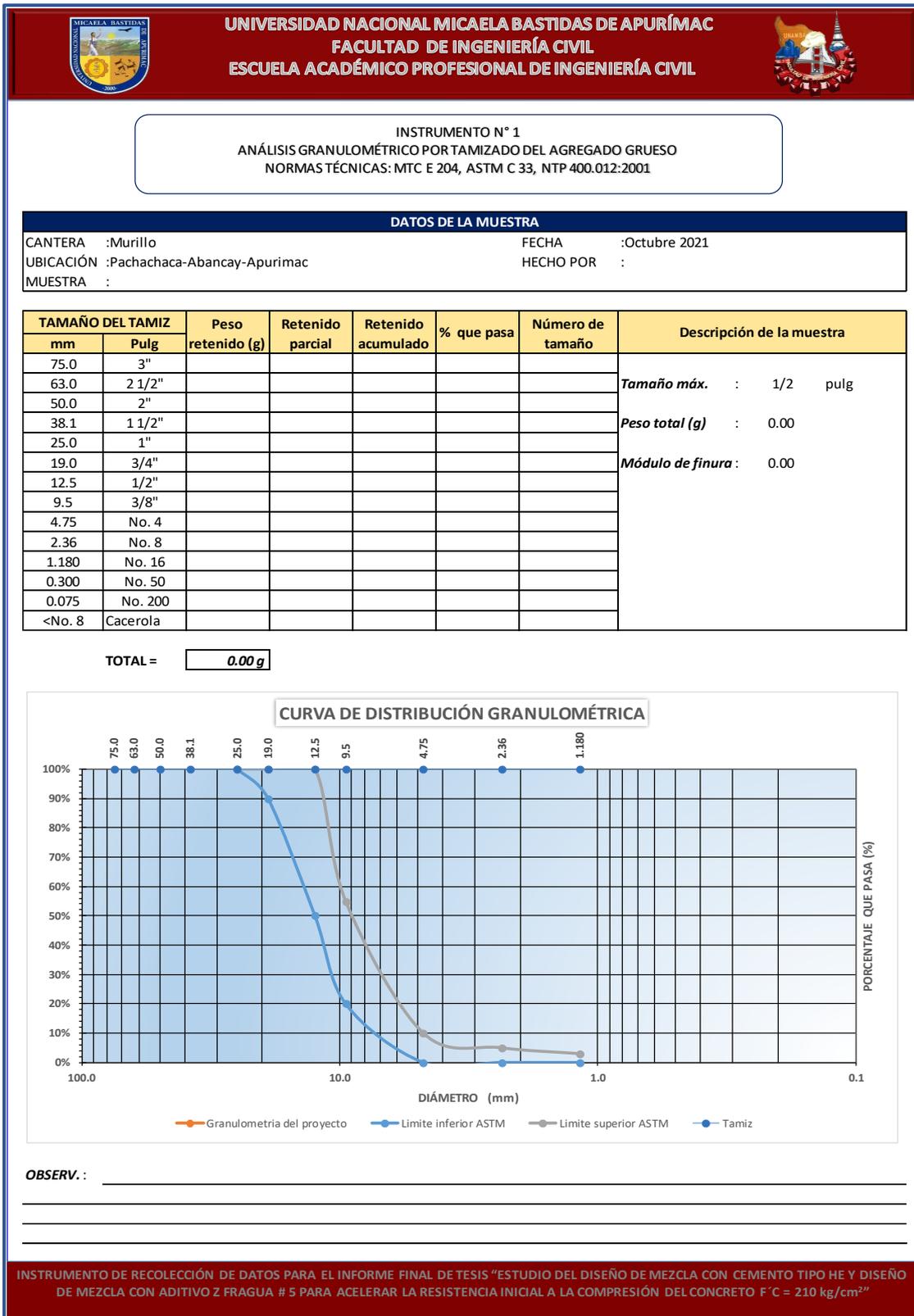


Figura 20 — Instrumento N° 1 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso



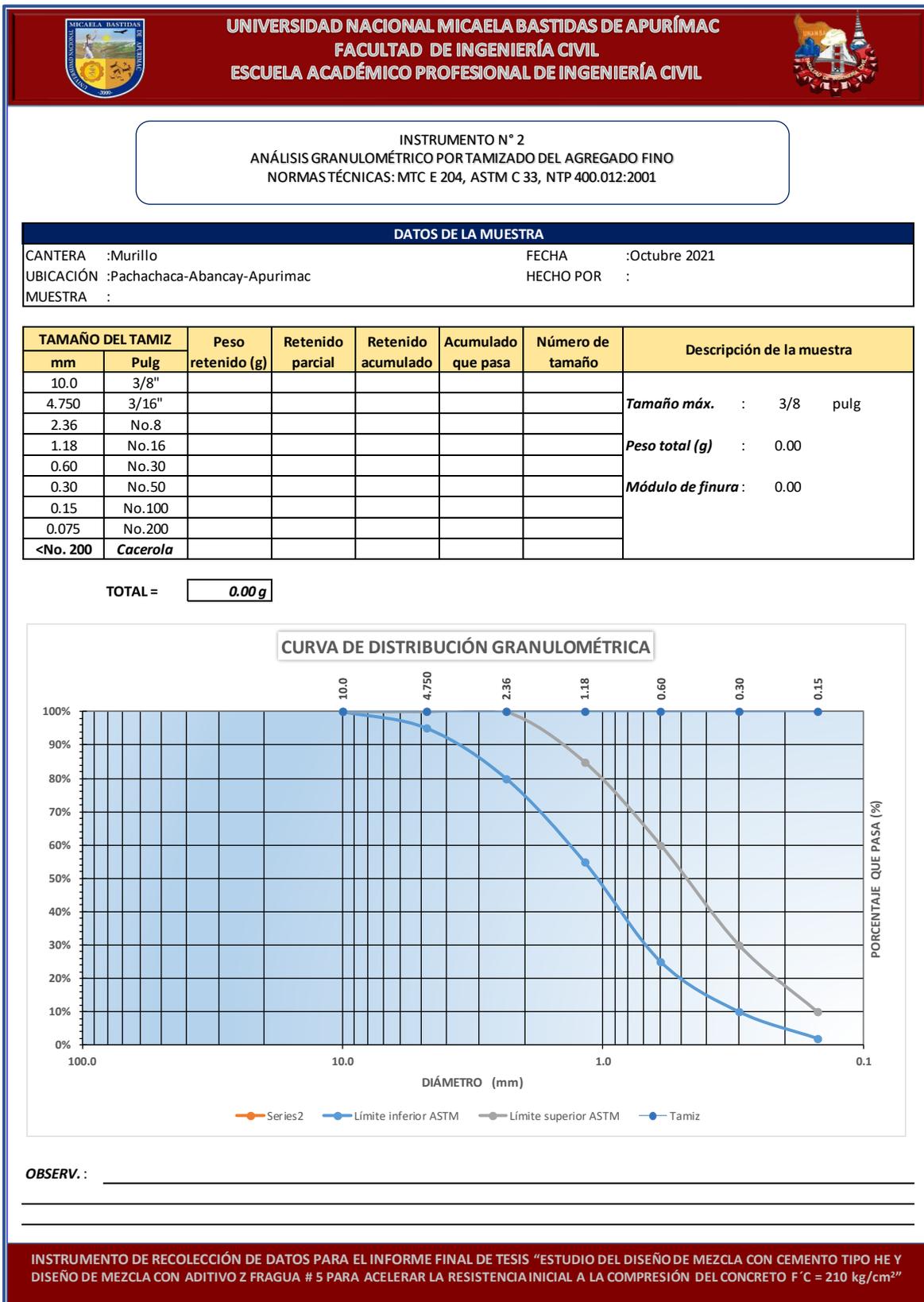


Figura 21 — Instrumento N° 2 Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 3
 PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29, NTP 400.021:2001

DATOS DE LA MUESTRA			
CANTERA :Murillo		FECHA	:Octubre 2021
UBICACIÓN :Pachachaca-Abancay-Apurimac		HECHO POR	:
MUESTRA :			

AGREGADO GRUESO	PESO UNITARIO SUELTO		
Numero de ensayo	1	2	3
Peso material + molde (gr.)			
Peso del molde (gr.)			
Peso neto del material (gr.)			
Volumen del molde (cm3)			
Peso unitario suelto (gr/cm3)			
PROMEDIO DE PESO UNITARIO (kg/m3)			

AGREGADO GRUESO	PESO UNITARIO COMPACTADO		
Numero de ensayo	1	2	3
Peso material + molde (gr.)			
Peso del molde (gr.)			
Peso neto del material (gr.)			
Volumen del molde (cm3)			
Peso unitario suelto (gr/cm3)			
PROMEDIO DE PESO UNITARIO (kg/m3)			

OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FC = 210 kg/cm²"

Figura 22 — Instrumento N° 3 Peso unitario del agregado grueso





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 4
 PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29, NTP 400.021:2001

DATOS DE LA MUESTRA			
CANTERA	:Murillo	FECHA	:Octubre 2021
UBICACIÓN	:Pachachaca-Abancay-Apurimac	HECHO POR	:
MUESTRA	:		

AGREGADO FINO	PESO UNITARIO SUELTO		
Numero de ensayo	1	2	3
Peso material + molde (gr.)			
Peso del molde (gr.)			
Peso neto del material (gr.)			
Volumen del molde (cm ³)			
Peso unitario suelto (gr/cm ³)			
PROMEDIO DE PESO UNITARIO (kg/m³)			

AGREGADO FINO	PESO UNITARIO COMPACTADO		
Numero de ensayo	1	2	3
Peso material + molde (gr.)			
Peso del molde (gr.)			
Peso neto del material (gr.)			
Volumen del molde (cm ³)			
Peso unitario suelto (gr/cm ³)			
PROMEDIO DE PESO UNITARIO (kg/m³)			

OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F_C = 210 kg/cm²"

Figura 23 — Instrumento N° 4 Peso unitario del agregado fino





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 5
 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 206, ASTM C 128, NTP 400.021:2001

DATOS DE LA MUESTRA			
CANTERA :Murillo		FECHA	:Octubre 2021
UBICACIÓN :Pachachaca-Abancay-Apurimac		HECHO POR	:
MUESTRA :			

AGREGADO GRUESO			
Número de ensayo	1	2	3
Peso de la canastilla sumergida (gr)			
Peso de la Muestra Seca (gr)			
Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)			
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)			
Peso del Agua Absorbida (gr)			
Peso Específico (gr/cm³)			
Capacidad de Absorción (%)			
Peso Específico promedio (gr/cm³)			
Capacidad de Absorción promedio(%)			

OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 24 — Instrumento N° 5 Peso específico y absorción del agregado grueso



 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 			
INSTRUMENTO N° 6 GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 205, ASTM C 29, NTP 400.021:2001			
DATOS DE LA MUESTRA			
CANTERA : Murillo	FECHA : Octubre 2021		
UBICACIÓN : Pachachaca-Abancay-Apurimac	HECHO POR :		
MUESTRA :			
AGREGADO FINO			
Número de ensayo	1	2	3
Volumen del Picnómetro (ml)			
Peso del Picnómetro (gr)			
Peso de la Muestra Seca (gr)			
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)			
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)			
Peso del Picnómetro + Agua (gr)			
Peso de la Muestra Sumergida (gr)			
Peso del Agua Desplazada (gr)			
Peso del Agua Absorbida (gr)			
Peso Específico (gr/cm³)			
Capacidad de Absorción			
Peso Específico promedio (gr/cm³)			
Capacidad de Absorción promedio			
OBSERV. : _____			

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F _C = 210 kg/cm ² "			

Figura 25 — Instrumento N° 6 Gravedad específica y absorción del agregado fino





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 7
 HUMEDAD DE AGREGADOS
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 215, ASTM C 29, NTP 400.021:2001

DATOS DE LA MUESTRA				
CANTERA :Murillo		FECHA :Octubre 2021		
UBICACIÓN :Pachachaca-Abancay-Apurimac		HECHO POR :		
MUESTRA :				

AGREGADO GRUESO					
Número de ensayo		1	2	3	
A	Peso de la muestra húmeda original en gramos (gr.)				PROMEDIO
B	Peso de material seco en estufa (110±5 °C) (gr.)				
	% de humedad= $((A-B)/B)*100$				

AGREGADO FINO					
Número de ensayo		1	2	3	
A	Peso de la muestra húmeda original en gramos (gr.)				PROMEDIO
B	Peso de material seco en estufa (110±5 °C) (gr.)				
	% de humedad= $((A-B)/B)*100$				

OBSERV.: _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACCELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 26 — Instrumento N° 7 Humedad de agregados





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

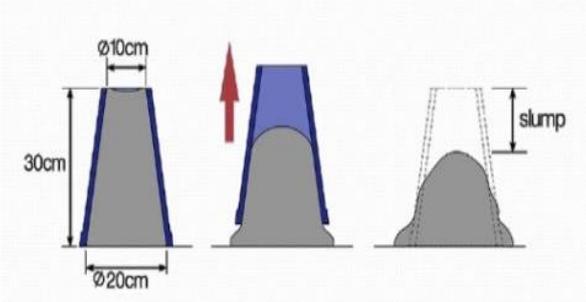


INSTRUMENTO N° 8
ASENTAMIENTO DEL CONCRETO SLUMP
NORMAS TECNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO F' C = 210 kg/cm² CON CEMENTO TIPO I

CANTERA :Murillo	FECHA :Octubre 2021
UBICACIÓN :Pachachaca-Abancay-Apurimac	HECHO POR :
MUESTRA :	

DIMENSIONES DEL MOLDE



Proceso de ensayo	
Capas	N° Golpes

Consistencia en cono	
Consistencia	Asentamiento (cm)

Asentamiento del concreto	

OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 27 — Instrumento N° 8 Asentamiento del concreto (Slump)



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 10
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES

DISEÑO DE CONCRETO F' C = 210 kg/cm²

N°	Código de la Muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetros (cm)				Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
					d1	d2	d3	d4			
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

OBSERV.: _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 29 — Instrumento N° 10 Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades



Anexo 2: Resultados

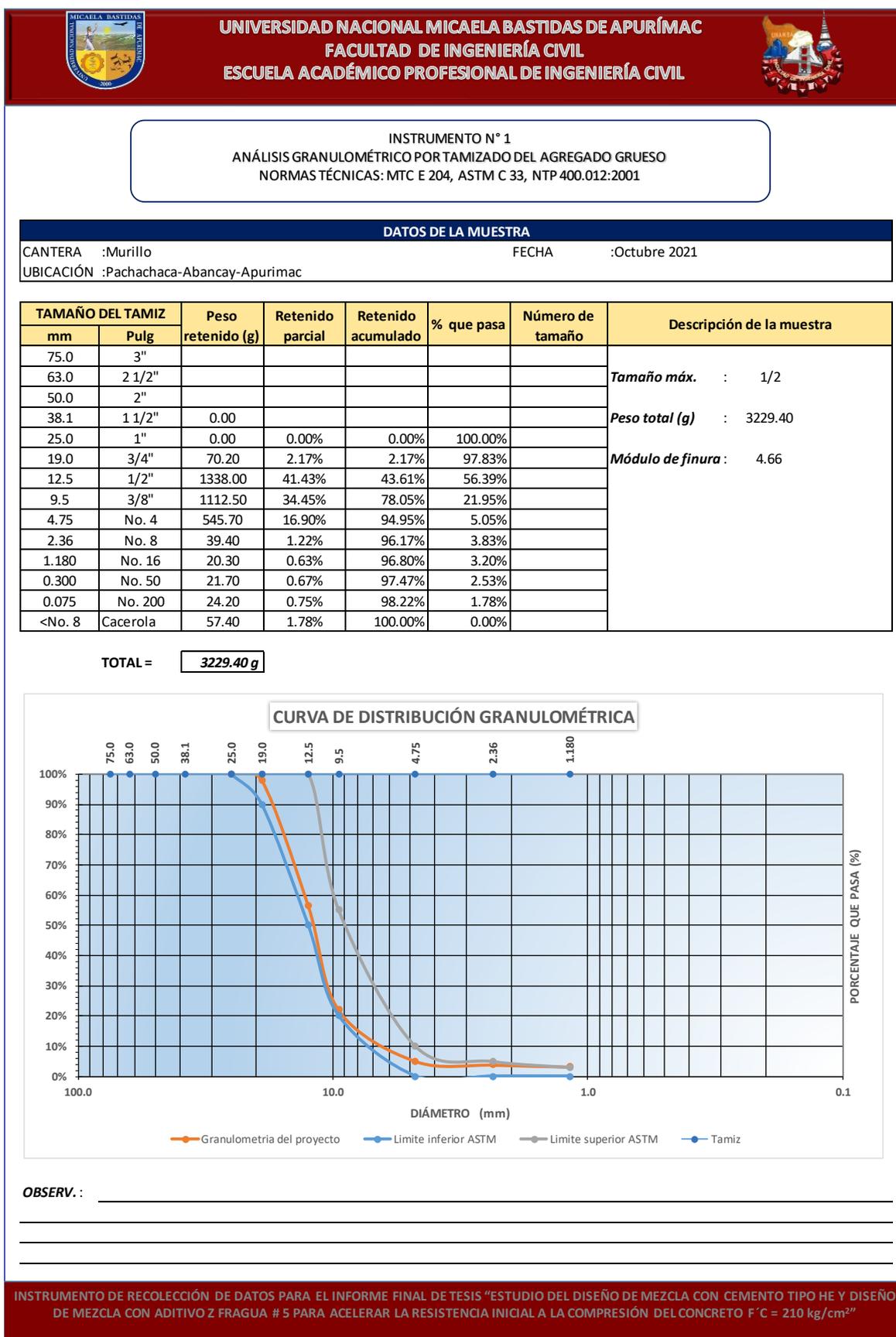


Figura 30 — Resultados del análisis granulométrico del agregado grueso





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



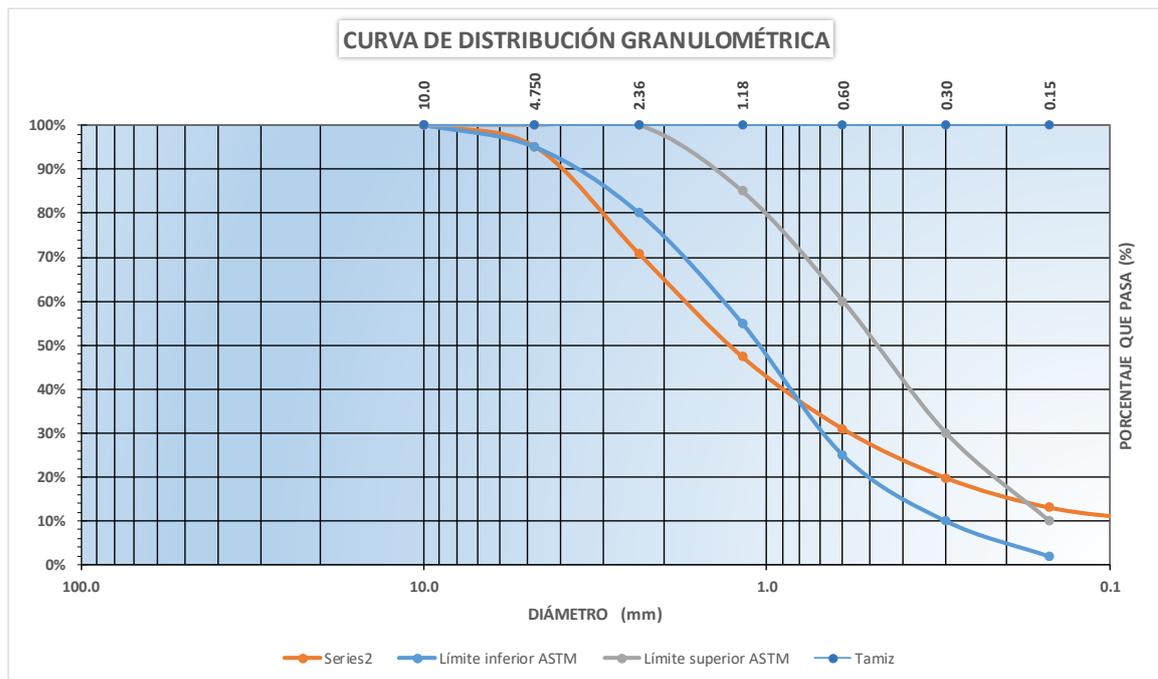
INSTRUMENTO N° 2
 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 204, ASTM C 33, NTP 400.012:2001

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA :Murillo FECHA :Octubre 2021
 UBICACIÓN :Pachachaca-Abancay-Apurimac

TAMAÑO DEL TAMIZ		Peso	Retenido	Retenido	Acumulado	Número de	Descripción de la muestra
mm	Pulg	retenido (g)	parcial	acumulado	que pasa	tamaño	
10.0	3/8"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		<i>Tamaño máx.</i> : 3/8
4.750	3/16"	38.10	4.92%	4.92%	95.08%		
2.36	No.8	188.00	24.29%	29.22%	70.78%		<i>Peso total (g)</i> : 773.90
1.18	No.16	181.30	23.43%	52.64%	47.36%		
0.60	No.30	127.10	16.42%	69.07%	30.93%		<i>Módulo de finura</i> : 3.23
0.30	No.50	86.30	11.15%	80.22%	19.78%		
0.15	No.100	51.80	6.69%	86.91%	13.09%		
0.075	No.200	23.20	3.00%	89.91%	10.09%		
<No. 200	<i>Cacerola</i>	78.10	10.09%	100.00%	0.00%		

TOTAL = 773.90 g



OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm²"

Figura 31 — Resultados del análisis granulométrico del agregado fino



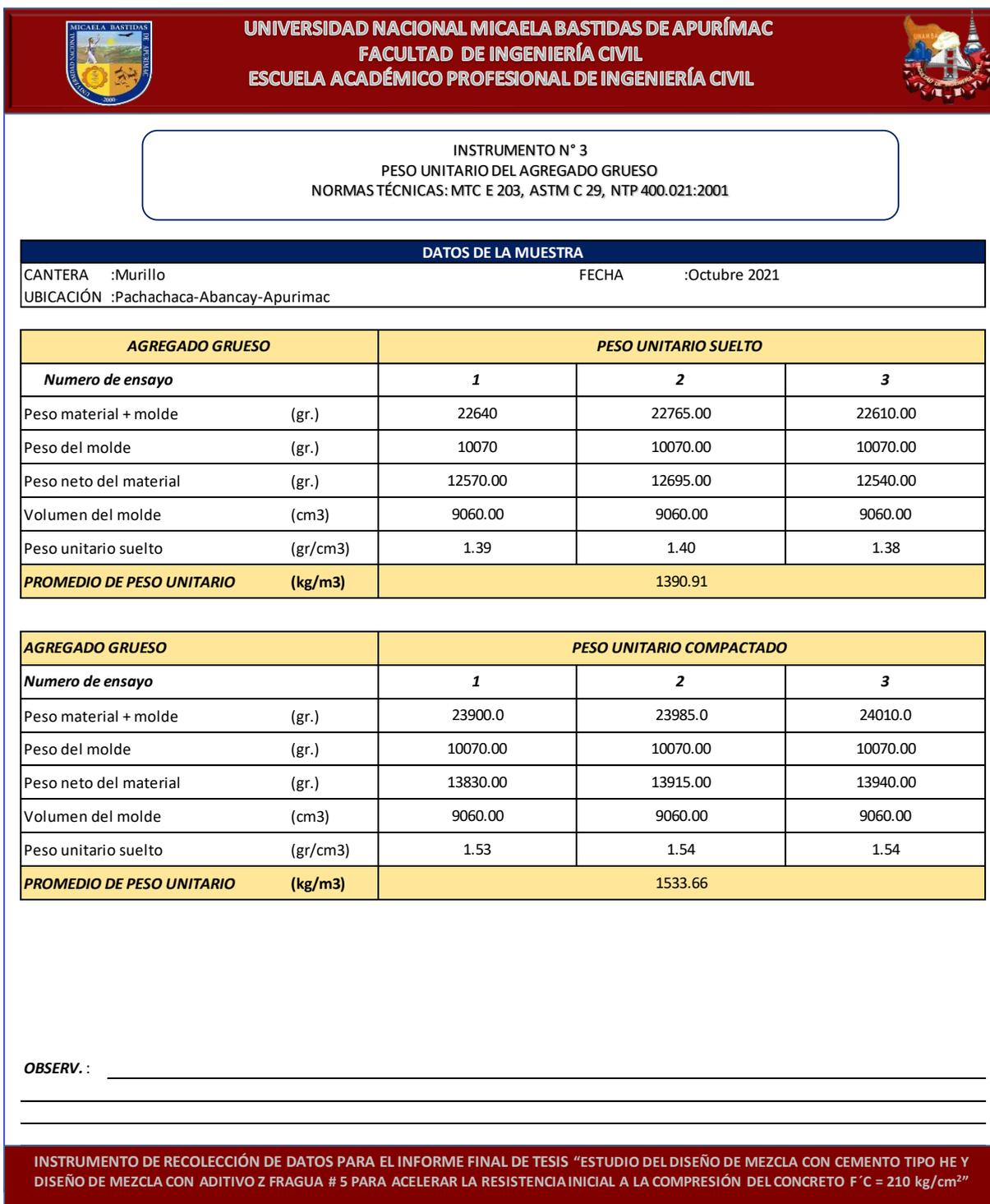


Figura 32 — Resultados del peso unitario del agregado grueso



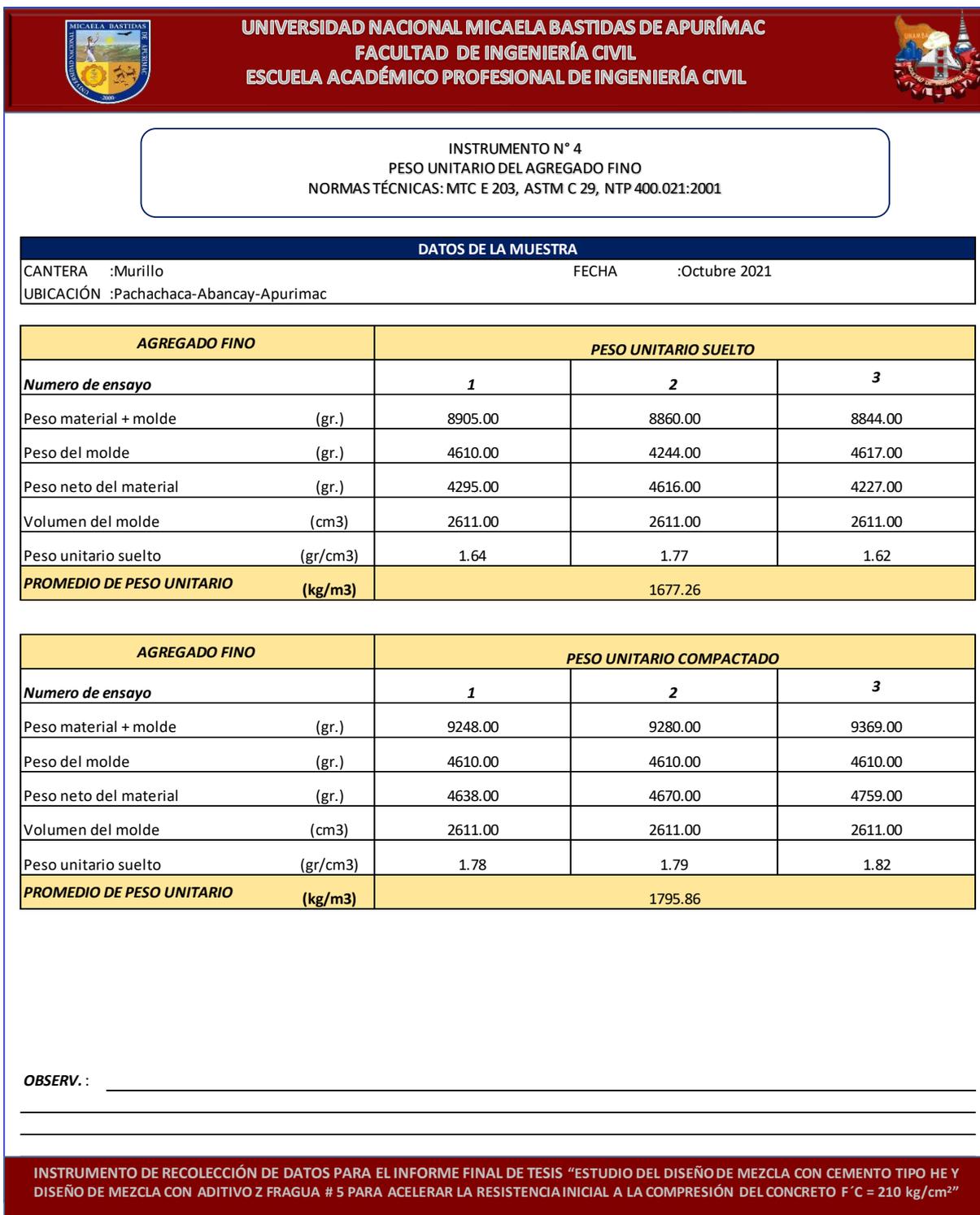


Figura 33 — Resultados del peso unitario del agregado fino



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 5
 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 206, ASTM C 128, NTP 400.021:2001

DATOS DE LA MUESTRA			
CANTERA	:Murillo	FECHA	:Octubre 2021
UBICACIÓN	:Pachachaca-Abancay-Apurimac		

AGREGADO GRUESO			
Número de ensayo	1	2	3
Peso de la canastilla sumergida (gr)	865.00	870.00	861.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	3045.00	3036.00	3051.00
Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)	2803.00	2798.00	2807.00
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	3071.00	3067.00	3075.00
Peso del Agua Absorbida (gr)	26.00	25.00	27.00
Peso Específico (gr/cm³)	2.69	2.67	2.70
Capacidad de Absorción (%)	0.85%	0.82%	0.88%
Peso Específico promedio (gr/cm³)			2.69
Capacidad de Absorción promedio(%)			0.85%

OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 34 — Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 6
 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 205, ASTM C 29, NTP 400.021:2001

DATOS DE LA MUESTRA			
CANTERA	:Murillo	FECHA	:Octubre 2021
UBICACIÓN	:Pachachaca-Abancay-Apurimac		

AGREGADO FINO			
Número de ensayo	1	2	3
Volumen del Picnómetro (ml)	500	500	500
Peso del Picnómetro (gr)	152.4	152.4	152.4
Peso de la Muestra Seca (gr)	484.5	483.2	482.6
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	959.2	961.4	955.2
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	504.2	501.6	503.5
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	650.6	650.6	652.6
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	308.6	310.8	302.6
Peso del Agua Desplazada (gr)	175.90	172.40	180.00
Peso del Agua Absorbida (gr)	19.7	18.4	20.9
Peso Específico (gr/cm³)	2.75	2.80	2.68
Capacidad de Absorción	4.07%	3.81%	4.33%
Peso Específico promedio (gr/cm³)	2.75		
Capacidad de Absorción promedio	4.07%		

OBSERV.: _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm²"

Figura 35 — Resultados del gravedad específica y absorción del agregado fino





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INSTRUMENTO N° 7
 HUMEDAD DE AGREGADOS
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 215, ASTM C 29, NTP 400.021:2001

DATOS DE LA MUESTRA					
CANTERA	:Murillo	FECHA	:Octubre 2021		
UBICACIÓN	:Pachachaca-Abancay-Apurimac				

AGREGADO GRUESO					
Número de ensayo		1	2	3	
A	Peso de la muestra húmeda original en gramos (gr.)	3273.2	3274.29	3272.7	PROMEDIO
B	Peso de material seco en estufa (110±5 °C) (gr.)	3229.4	3229.4	3229.4	
	% de humedad= $((A-B)/B)*100$	1.36	1.39	1.34	1.36

AGREGADO FINO					
Número de ensayo		1	2	3	
A	Peso de la muestra húmeda original en gramos (gr.)	810.6	815.2	812.3	PROMEDIO
B	Peso de material seco en estufa (110±5 °C) (gr.)	773.9	778.5	775.3913718	
	% de humedad= $((A-B)/B)*100$	4.74	4.72	4.76	4.74

OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm²"

Figura 36 — Resultados de la humedad de los agregados





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

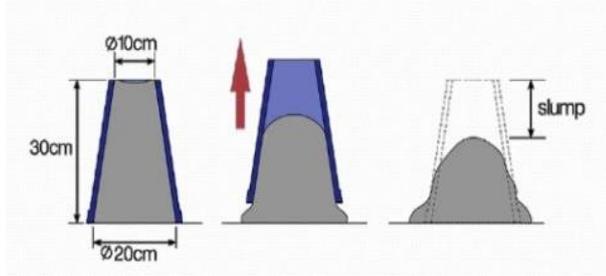


INSTRUMENTO N° 8
ASENTAMIENTO DEL CONCRETO SLUMP
NORMAS TECNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO F' C = 210 kg/cm2 CON CEMENTO TIPO HE

CANTERA	:Murillo	FECHA	:Octubre 2021
UBICACIÓN	:Pachachaca-Abancay-Apurimac		

DIMENSIONES DEL MOLDE



Proceso de ensayo		Consistencia en cono	
Capas	N° Golpes	Consistencia	Asentamiento (cm)
1	25	Seca	0 - 5.08
2	25	Plastica	7.62 - 10.16
3	25	Fluida	>12.70

Asentamiento del concreto	
Slump (cm)	8.6
Consistencia	Plastica

OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 37 — Resultados del asentamiento del diseño de mezcla con cemento tipo HE

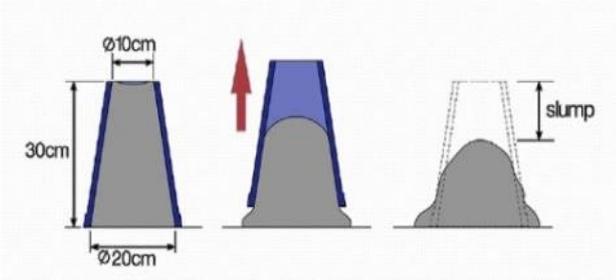

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL


INSTRUMENTO N° 8
ASENTAMIENTO DEL CONCRETO SLUMP
NORMAS TECNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO F' C = 210 kg/cm² CON CEMENTO TIPO HE + ADITIVO

CANTERA :Murillo	FECHA :Octubre 2021
UBICACIÓN :Pachachaca-Abancay-Apurimac	

DIMENSIONES DEL MOLDE



Proceso de ensayo	
Capas	N° Golpes
1	25
2	25
3	25

Consistencia en cono	
Consistencia	Asentamiento (cm)
Seca	0 - 5.08
Plastica	7.62 - 10.16
Fluida	>12.70

Asentamiento del concreto	
Slump (cm)	8.7
Consistencia	Plastica

OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 38 — Resultados del asentamiento del diseño de mezcla con aditivo y cemento tipo HE

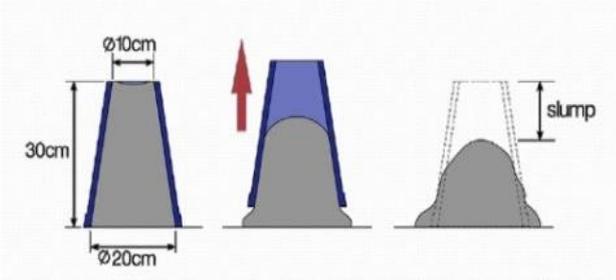

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL


INSTRUMENTO N° 8
ASENTAMIENTO DEL CONCRETO SLUMP
NORMAS TECNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO F' C = 210 kg/cm² CON CEMENTO TIPO I

CANTERA :Murillo	FECHA :Octubre 2021	
UBICACIÓN :Pachachaca-Abancay-Apurimac		

DIMENSIONES DEL MOLDE



Proceso de ensayo	
Capas	N° Golpes
1	25
2	25
3	25

Consistencia en cono	
Consistencia	Asentamiento (cm)
Seca	0 - 5.08
Plastica	7.62 - 10.16
Fluida	>12.70

Asentamiento del concreto	
Slump (cm)	8.3
Consistencia	Plastica

OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 39 — Resultados del asentamiento del diseño de mezcla con cemento tipo I



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

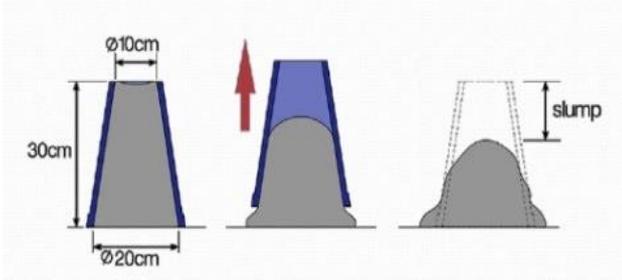


INSTRUMENTO N° 8
ASENTAMIENTO DEL CONCRETO SLUMP
NORMAS TECNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO F' C = 210 kg/cm² CON CEMENTO TIPO I + ADITIVO

CANTERA :Murillo	FECHA :Octubre 2021
UBICACIÓN :Pachachaca-Abancay-Apurimac	HECHO POR :

DIMENSIONES DEL MOLDE



Proceso de ensayo	
Capas	N° Golpes
1	25
2	25
3	25

Consistencia en cono	
Consistencia	Asentamiento (cm)
Seca	0 - 5.08
Plástica	7.62 - 10.16
Fluida	>12.70

Asentamiento del concreto	
Slump (cm)	8.5
Consistencia	Plástica

OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 40 — Resultados del asentamiento del diseño de mezcla con aditivo y cemento tipo I



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

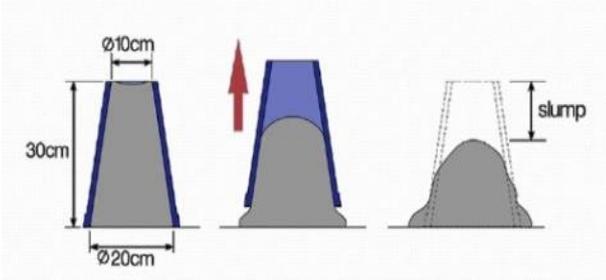


INSTRUMENTO N° 8
ASENTAMIENTO DEL CONCRETO SLUMP
NORMAS TECNICAS :MTC E705, ASTM C143, NTP 339.035

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F' C = 210 \text{ kg/cm}^2$ CON CEMENTO TIPO IP

CANTERA :Murillo	FECHA :Octubre 2021
UBICACIÓN :Pachachaca-Abancay-Apurimac	

DIMENSIONES DEL MOLDE



Proceso de ensayo	
Capas	N° Golpes
1	25
2	25
3	25

Consistencia en cono	
Consistencia	Asentamiento (cm)
Seca	0 - 5.08
Plástica	7.62 - 10.16
Fluida	>12.70

Asentamiento del concreto	
Slump (cm)	8.9
Consistencia	Plástica

OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F' C = 210 \text{ kg/cm}^2$ "

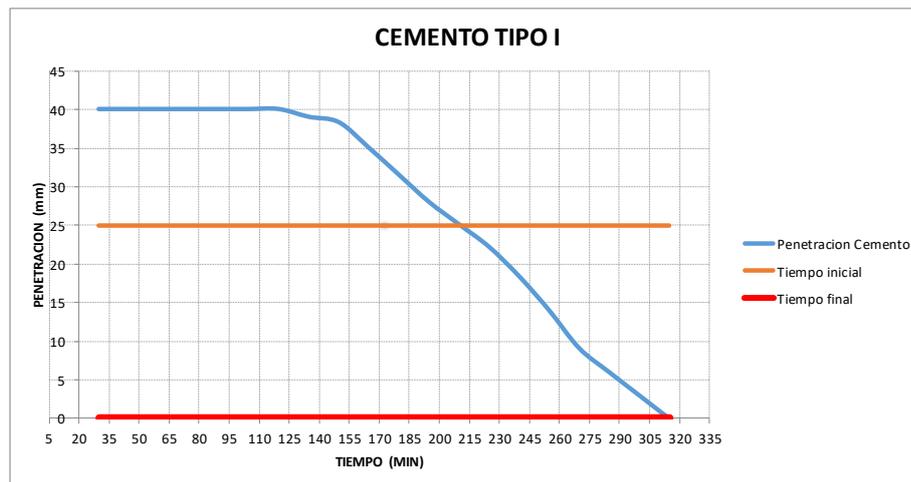
Figura 41 — Resultados del asentamiento del diseño de mezcla con cemento tipo IP



INSTRUMENTO N° 9
TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO
NORMAS TECNICAS : MTC E 606, NTP 334.006

CEMENTO TIPO I		
CANTERA :Murillo	FECHA	:Octubre 2021
UBICACIÓN :Pachachaca-Abancay-Apurimac		

Peso del Cemento	650.00 gr	
Peso del agua	160.30 gr	
Peso del aditivo	0.00 gr	
CEMENTO TIPO I		
N° Lectura	Tiempo (min)	Penetración (mm)
1	30	40
2	45	40
3	60	40
4	75	40
5	90	40
6	105	40
7	120	40
8	135	39
9	150	38.3
10	165	35
11	180	31.5
12	195	28
13	210	25.1
14	225	22.2
15	240	18.4
16	255	14
17	270	9.1
18	285	6
19	300	3
20	315	0



OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm²"

Figura 44 — Resultados del fraguado del cemento tipo I



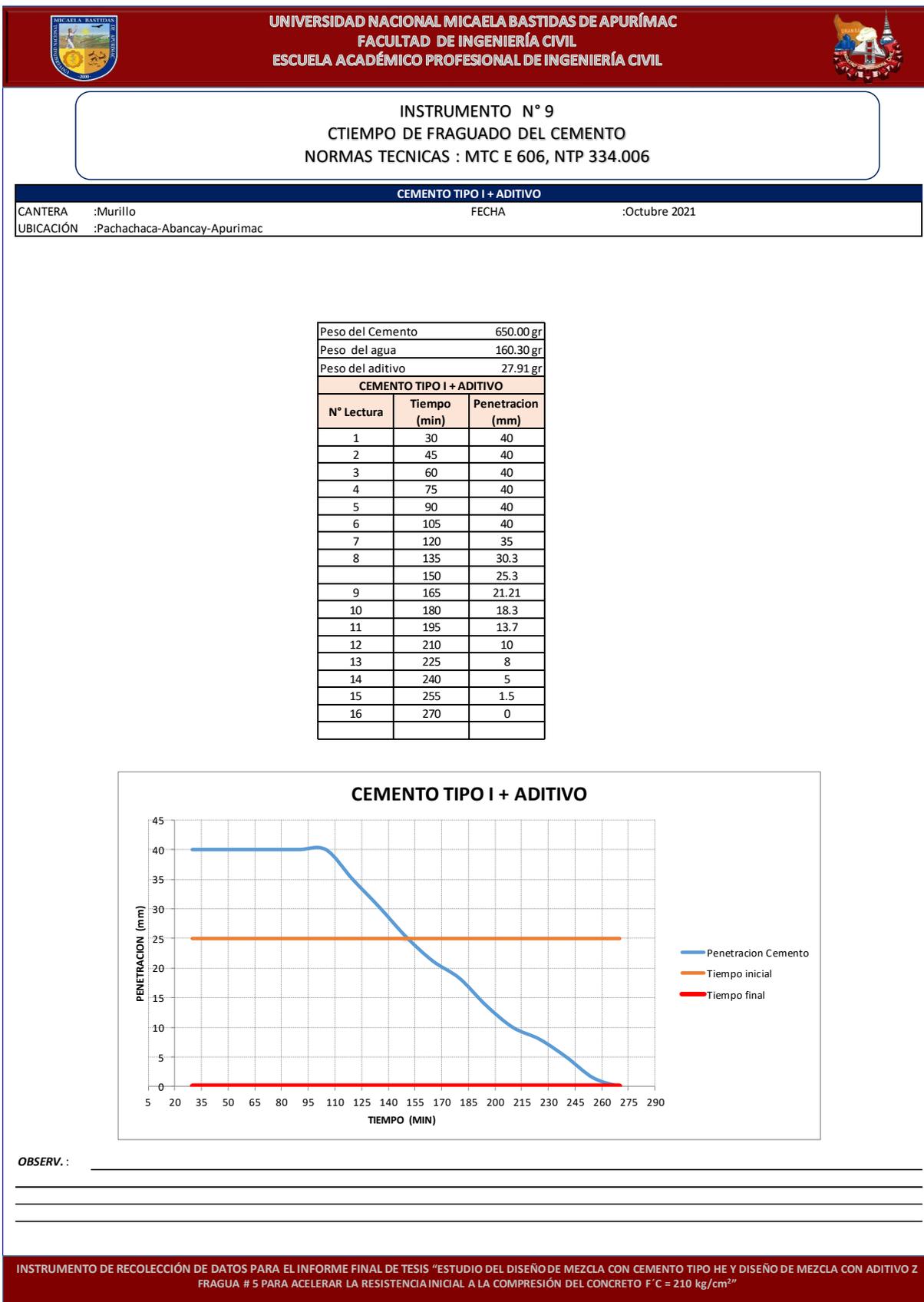


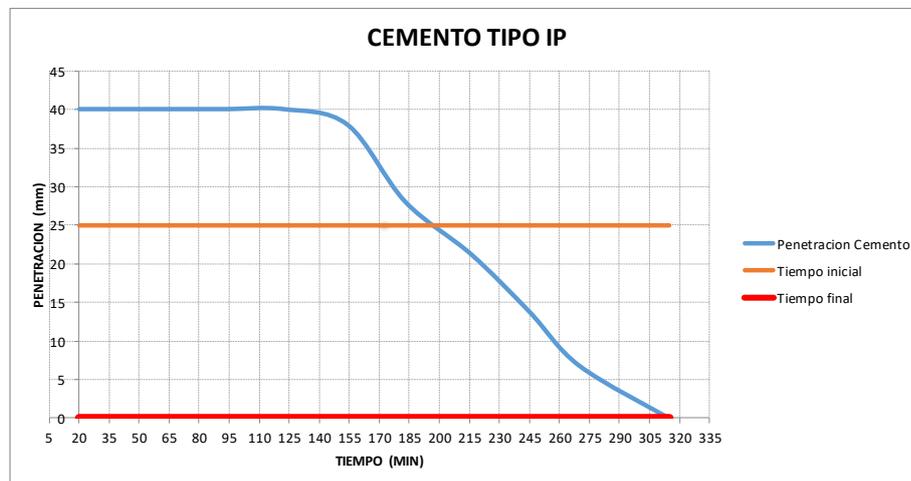
Figura 45 — Resultados del fraguado del cemento tipo I y aditivo



INSTRUMENTO N° 9
TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO
NORMAS TECNICAS : MTC E 606, NTP 334.006

CEMENTO TIPO IP		
CANTERA	:Murillo	FECHA
UBICACIÓN	:Pachachaca-Abancay-Apurimac	:Octubre 2021

Peso del Cemento	650.00 gr	
Peso del agua	160.30 gr	
Peso del aditivo	27.91 gr	
CEMENTO TIPO IP		
N° Lectura	Tiempo (min)	Penetracion (mm)
1	20	40
2	45	40
3	62	40
4	78	40
5	94	40
6	122	40
7	154	38
8	183	28
9	216	21.2
10	245	13.8
11	270	6.8
12	315	0



OBSERV. : _____

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm²"

Figura 46 — Resultados del fraguado del cemento tipo IP



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
INSTRUMENTO N° 10 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES											
DISEÑO DE CONCRETO F' C = 210 kg/cm2 CON CEMENTO TIPO HE											
N°	Código de la Muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetros (cm)				Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
					d1	d2	d3	d4			
1	HE1 - 1	27/10/2021	28/10/2021	1 Días	10.12	10.15	10.09	10.11	80.40	5040	62.69
2	HE1 - 2	27/10/2021	28/10/2021	1 Días	10.14	10.09	10.12	10.12	80.40	5390	67.04
3	HE1 - 3	27/10/2021	28/10/2021	1 Días	10.10	10.13	10.14	10.16	80.63	4800	59.53
4	HE1 - 4	27/10/2021	28/10/2021	1 Días	10.11	10.14	10.11	10.13	80.48	5360	66.60
5	HE1 - 5	27/10/2021	28/10/2021	1 Días	10.13	10.09	10.14	10.15	80.56	5340	66.29
6	HE1 - 6	27/10/2021	28/10/2021	1 Días	10.09	10.15	10.15	10.10	80.48	5480	68.09
7	HE2 - 1	27/10/2021	29/10/2021	2 Días	10.11	10.11	10.12	10.10	80.28	10150	126.43
8	HE2 - 2	27/10/2021	29/10/2021	2 Días	10.13	10.14	10.10	10.16	80.63	10360	128.49
9	HE2 - 3	27/10/2021	29/10/2021	2 Días	10.12	10.15	10.16	10.16	80.87	10420	128.85
10	HE2 - 4	27/10/2021	29/10/2021	2 Días	10.13	10.13	10.15	10.16	80.79	9930	122.91
11	HE2 - 5	27/10/2021	29/10/2021	2 Días	10.15	10.12	10.11	10.12	80.52	9580	118.98
12	HE2 - 6	27/10/2021	29/10/2021	2 Días	10.16	10.13	10.09	10.11	80.48	10500	130.47
13	HE3 - 1	21/10/2021	24/10/2021	3 Días	10.10	10.12	10.13	10.13	80.44	13350	165.96
14	HE3 - 2	21/10/2021	24/10/2021	3 Días	10.12	10.11	10.13	10.15	80.56	14140	175.52
15	HE3 - 3	21/10/2021	24/10/2021	3 Días	10.09	10.14	10.10	10.09	80.20	11980	149.38
16	HE3 - 4	21/10/2021	24/10/2021	3 Días	10.10	10.16	10.14	10.13	80.63	13760	170.66
17	HE3 - 5	21/10/2021	24/10/2021	3 Días	10.14	10.16	10.10	10.14	80.67	14130	175.16
18	HE3 - 6	21/10/2021	24/10/2021	3 Días	10.10	10.11	10.10	10.12	80.24	11890	148.18
19	HE4 - 1	27/10/2021	31/10/2021	4 Días	10.16	10.12	10.14	10.10	80.60	14630	181.51
20	HE4 - 2	27/10/2021	31/10/2021	4 Días	10.13	10.09	10.14	10.12	80.44	16760	208.35
21	HE4 - 3	27/10/2021	31/10/2021	4 Días	10.16	10.11	10.14	10.09	80.52	14290	177.47
22	HE4 - 4	27/10/2021	31/10/2021	4 Días	10.14	10.15	10.09	10.12	80.52	16170	200.82
23	HE4 - 5	27/10/2021	31/10/2021	4 Días	10.13	10.13	10.16	10.09	80.56	15230	189.05
24	HE4 - 6	27/10/2021	31/10/2021	4 Días	10.14	10.15	10.13	10.09	80.56	14630	181.60
25	HE5 - 1	21/10/2021	26/10/2021	5 Días	10.10	10.12	10.11	10.14	80.40	15480	192.54
26	HE5 - 2	21/10/2021	26/10/2021	5 Días	10.11	10.10	10.12	10.12	80.32	15670	195.09
27	HE5 - 3	21/10/2021	26/10/2021	5 Días	10.13	10.11	10.13	10.12	80.48	15020	186.63
28	HE5 - 4	21/10/2021	26/10/2021	5 Días	10.15	10.15	10.15	10.09	80.67	17800	220.65
29	HE5 - 5	21/10/2021	26/10/2021	5 Días	10.11	10.11	10.12	10.16	80.52	15610	193.86
30	HE5 - 6	21/10/2021	26/10/2021	5 Días	10.15	10.09	10.11	10.11	80.36	18160	225.98
31	HE7 - 1	21/10/2021	28/10/2021	7 Días	10.09	10.12	10.10	10.11	80.20	18860	235.16
32	HE7 - 2	21/10/2021	28/10/2021	7 Días	10.15	10.09	10.09	10.10	80.24	20000	249.25
33	HE7 - 3	21/10/2021	28/10/2021	7 Días	10.16	10.16	10.12	10.09	80.63	17660	219.03
34	HE7 - 4	21/10/2021	28/10/2021	7 Días	10.14	10.14	10.12	10.11	80.56	17060	211.77
35	HE7 - 5	21/10/2021	28/10/2021	7 Días	10.15	10.11	10.16	10.11	80.63	17790	220.64
36	HE7 - 6	21/10/2021	28/10/2021	7 Días	10.16	10.13	10.13	10.12	80.67	18170	225.24
37	HE14 - 1	21/10/2021	04/11/2021	14 Días	10.15	10.15	10.10	10.15	80.71	18290	226.61
38	HE14 - 2	21/10/2021	04/11/2021	14 Días	10.16	10.09	10.10	10.11	80.36	19390	241.29
39	HE14 - 3	21/10/2021	04/11/2021	14 Días	10.13	10.15	10.16	10.15	80.87	19040	235.44
40	HE14 - 4	21/10/2021	04/11/2021	14 Días	10.11	10.12	10.09	10.13	80.32	18810	234.19
41	HE14 - 5	21/10/2021	04/11/2021	14 Días	10.15	10.12	10.10	10.13	80.52	20150	250.25
42	HE14 - 6	21/10/2021	04/11/2021	14 Días	10.16	10.16	10.14	10.16	80.99	19440	240.03
43	HE28 - 1	21/10/2021	18/11/2021	28 Días	10.14	10.12	10.12	10.14	80.60	24530	304.34
44	HE28 - 2	21/10/2021	18/11/2021	28 Días	10.14	10.15	10.10	10.13	80.60	23810	295.41
45	HE28 - 3	21/10/2021	18/11/2021	28 Días	10.11	10.14	10.12	10.14	80.56	25000	310.33
46	HE28 - 4	21/10/2021	18/11/2021	28 Días	10.13	10.13	10.16	10.13	80.71	24340	301.57
47	HE28 - 5	21/10/2021	18/11/2021	28 Días	10.12	10.16	10.13	10.10	80.56	23720	294.44
48	HE28 - 6	21/10/2021	18/11/2021	28 Días	10.14	10.16	10.13	10.09	80.60	24270	301.12

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 47 — Resultados de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo HE



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
INSTRUMENTO N° 10 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES											
DISEÑO DE CONCRETO F' C = 210 kg/cm ² CON CEMENTO TIPO HE Y ADITIVO											
N°	Código de la Muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetros (cm)				Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
					d1	d2	d3	d4			
1	HEA1 - 1	27/10/2021	28/10/2021	1 Días	10.15	10.12	10.10	10.16	80.63	6790	84.21
2	HEA1 - 2	27/10/2021	28/10/2021	1 Días	10.10	10.14	10.11	10.09	80.28	6310	78.60
3	HEA1 - 3	27/10/2021	28/10/2021	1 Días	10.15	10.11	10.09	10.14	80.48	6300	78.28
4	HEA1 - 4	27/10/2021	28/10/2021	1 Días	10.15	10.09	10.10	10.14	80.44	5710	70.98
5	HEA1 - 5	27/10/2021	28/10/2021	1 Días	10.15	10.09	10.10	10.13	80.40	6380	79.35
6	HEA1 - 6	27/10/2021	28/10/2021	1 Días	10.10	10.09	10.09	10.13	80.16	6680	83.33
7	HEA2 - 1	27/10/2021	29/10/2021	2 Días	10.12	10.14	10.14	10.09	80.48	12340	153.33
8	HEA2 - 2	27/10/2021	29/10/2021	2 Días	10.13	10.13	10.14	10.15	80.71	11520	142.73
9	HEA2 - 3	27/10/2021	29/10/2021	2 Días	10.09	10.09	10.12	10.11	80.16	11460	142.96
10	HEA2 - 4	27/10/2021	29/10/2021	2 Días	10.14	10.09	10.13	10.10	80.36	11720	145.84
11	HEA2 - 5	27/10/2021	29/10/2021	2 Días	10.16	10.09	10.10	10.15	80.52	12070	149.90
12	HEA2 - 6	27/10/2021	29/10/2021	2 Días	10.12	10.10	10.14	10.11	80.40	11890	147.89
13	HEA3 - 1	22/10/2021	25/10/2021	3 Días	10.12	10.10	10.12	10.10	80.28	16680	207.77
14	HEA3 - 2	22/10/2021	25/10/2021	3 Días	10.16	10.09	10.12	10.10	80.40	15900	197.76
15	HEA3 - 3	22/10/2021	25/10/2021	3 Días	10.15	10.10	10.12	10.10	80.40	16450	204.60
16	HEA3 - 4	22/10/2021	25/10/2021	3 Días	10.13	10.16	10.10	10.12	80.56	17340	215.24
17	HEA3 - 5	22/10/2021	25/10/2021	3 Días	10.11	10.14	10.12	10.10	80.40	14710	182.96
18	HEA3 - 6	22/10/2021	25/10/2021	3 Días	10.16	10.12	10.13	10.13	80.67	15310	189.79
19	HEA4 - 1	27/10/2021	31/10/2021	4 Días	10.12	10.11	10.16	10.16	80.71	17070	211.50
20	HEA4 - 2	27/10/2021	31/10/2021	4 Días	10.13	10.12	10.15	10.09	80.48	17110	212.60
21	HEA4 - 3	27/10/2021	31/10/2021	4 Días	10.11	10.14	10.15	10.09	80.48	17750	220.55
22	HEA4 - 4	27/10/2021	31/10/2021	4 Días	10.13	10.16	10.10	10.13	80.60	17290	214.52
23	HEA4 - 5	27/10/2021	31/10/2021	4 Días	10.15	10.11	10.13	10.15	80.67	17470	216.56
24	HEA4 - 6	27/10/2021	31/10/2021	4 Días	10.09	10.11	10.10	10.11	80.16	17550	218.94
25	HEA5 - 1	22/10/2021	27/10/2021	5 Días	10.13	10.16	10.09	10.13	80.56	18780	233.12
26	HEA5 - 2	22/10/2021	27/10/2021	5 Días	10.09	10.13	10.09	10.12	80.24	18740	233.55
27	HEA5 - 3	22/10/2021	27/10/2021	5 Días	10.12	10.16	10.09	10.15	80.60	19810	245.78
28	HEA5 - 4	22/10/2021	27/10/2021	5 Días	10.11	10.10	10.12	10.15	80.44	19570	243.29
29	HEA5 - 5	22/10/2021	27/10/2021	5 Días	10.11	10.09	10.13	10.14	80.40	20330	252.86
30	HEA5 - 6	22/10/2021	27/10/2021	5 Días	10.16	10.15	10.12	10.09	80.60	18610	230.89
31	HEA7 - 1	22/10/2021	29/10/2021	7 Días	10.13	10.16	10.14	10.09	80.60	21260	263.77
32	HEA7 - 2	22/10/2021	29/10/2021	7 Días	10.14	10.15	10.11	10.09	80.48	21120	262.43
33	HEA7 - 3	22/10/2021	29/10/2021	7 Días	10.10	10.14	10.16	10.16	80.75	21430	265.39
34	HEA7 - 4	22/10/2021	29/10/2021	7 Días	10.10	10.14	10.11	10.10	80.32	18240	227.09
35	HEA7 - 5	22/10/2021	29/10/2021	7 Días	10.16	10.12	10.12	10.13	80.63	21680	268.88
36	HEA7 - 6	22/10/2021	29/10/2021	7 Días	10.15	10.16	10.12	10.09	80.60	22670	281.27
37	HEA14 - 1	22/10/2021	05/11/2021	14 Días	10.10	10.14	10.10	10.15	80.48	23690	294.36
38	HEA14 - 2	22/10/2021	05/11/2021	14 Días	10.16	10.09	10.11	10.12	80.44	23140	287.67
39	HEA14 - 3	22/10/2021	05/11/2021	14 Días	10.09	10.09	10.15	10.15	80.44	23050	286.55
40	HEA14 - 4	22/10/2021	05/11/2021	14 Días	10.10	10.12	10.15	10.13	80.52	20420	253.60
41	HEA14 - 5	22/10/2021	05/11/2021	14 Días	10.10	10.10	10.11	10.15	80.36	22570	280.86
42	HEA14 - 6	22/10/2021	05/11/2021	14 Días	10.09	10.15	10.11	10.14	80.48	22190	275.72
43	HEA28 - 1	22/10/2021	19/11/2021	28 Días	10.15	10.09	10.09	10.11	80.28	24540	305.68
44	HEA28 - 2	22/10/2021	19/11/2021	28 Días	10.12	10.09	10.13	10.14	80.44	22710	282.32
45	HEA28 - 3	22/10/2021	19/11/2021	28 Días	10.11	10.13	10.15	10.09	80.44	24940	310.04
46	HEA28 - 4	22/10/2021	19/11/2021	28 Días	10.13	10.11	10.13	10.10	80.40	23470	291.92
47	HEA28 - 5	22/10/2021	19/11/2021	28 Días	10.10	10.15	10.09	10.16	80.52	23860	296.32
48	HEA28 - 6	22/10/2021	19/11/2021	28 Días	10.11	10.10	10.14	10.09	80.28	24020	299.20

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 48 — Resultados de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo HE y aditivo



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
INSTRUMENTO N° 10 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES											
DISEÑO DE CONCRETO F' C = 210 kg/cm ² CON CEMENTO TIPO I											
N°	Código de la Muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetros (cm)				Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
					d1	d2	d3	d4			
1	I1 - 1	26/10/2021	27/10/2021	1 Días	10.13	10.16	10.10	10.14	80.63	4120	51.10
2	I1 - 2	26/10/2021	27/10/2021	1 Días	10.10	10.16	10.09	10.11	80.36	4300	53.51
3	I1 - 3	26/10/2021	27/10/2021	1 Días	10.16	10.14	10.09	10.12	80.56	4300	53.38
4	I1 - 4	26/10/2021	27/10/2021	1 Días	10.12	10.15	10.12	10.11	80.52	4000	49.68
5	I1 - 5	26/10/2021	27/10/2021	1 Días	10.11	10.13	10.12	10.14	80.52	4260	52.91
6	I1 - 6	26/10/2021	27/10/2021	1 Días	10.11	10.09	10.15	10.13	80.44	4270	53.08
7	I2 - 1	26/10/2021	28/10/2021	2 Días	10.14	10.14	10.13	10.13	80.67	9910	122.85
8	I2 - 2	26/10/2021	28/10/2021	2 Días	10.11	10.14	10.13	10.16	80.67	10540	130.66
9	I2 - 3	26/10/2021	28/10/2021	2 Días	10.11	10.14	10.15	10.15	80.71	10130	125.51
10	I2 - 4	26/10/2021	28/10/2021	2 Días	10.11	10.10	10.14	10.12	80.40	10850	134.95
11	I2 - 5	26/10/2021	28/10/2021	2 Días	10.12	10.13	10.16	10.12	80.63	9590	118.94
12	I2 - 6	26/10/2021	28/10/2021	2 Días	10.14	10.09	10.15	10.16	80.67	8650	107.23
13	I3 - 1	18/10/2021	21/10/2021	3 Días	10.14	10.13	10.13	10.09	80.48	12620	156.81
14	I3 - 2	18/10/2021	21/10/2021	3 Días	10.09	10.13	10.13	10.10	80.32	11880	147.91
15	I3 - 3	18/10/2021	21/10/2021	3 Días	10.12	10.10	10.16	10.14	80.60	12310	152.73
16	I3 - 4	18/10/2021	21/10/2021	3 Días	10.12	10.16	10.14	10.10	80.60	12450	154.47
17	I3 - 5	18/10/2021	21/10/2021	3 Días	10.11	10.13	10.16	10.11	80.56	12630	156.78
18	I3 - 6	18/10/2021	21/10/2021	3 Días	10.09	10.13	10.10	10.13	80.32	13060	162.60
19	I4 - 1	26/10/2021	30/10/2021	4 Días	10.16	10.13	10.14	10.10	80.63	15310	189.88
20	I4 - 2	26/10/2021	30/10/2021	4 Días	10.11	10.16	10.15	10.09	80.56	14200	176.27
21	I4 - 3	26/10/2021	30/10/2021	4 Días	10.11	10.11	10.16	10.14	80.60	16050	199.13
22	I4 - 4	26/10/2021	30/10/2021	4 Días	10.10	10.13	10.09	10.15	80.40	15940	198.26
23	I4 - 5	26/10/2021	30/10/2021	4 Días	10.16	10.10	10.09	10.16	80.56	15670	194.51
24	I4 - 6	26/10/2021	30/10/2021	4 Días	10.15	10.11	10.16	10.11	80.63	13490	167.31
25	I5 - 1	18/10/2021	23/10/2021	5 Días	10.12	10.15	10.15	10.10	80.60	14450	179.28
26	I5 - 2	18/10/2021	23/10/2021	5 Días	10.10	10.11	10.10	10.14	80.32	15690	195.34
27	I5 - 3	18/10/2021	23/10/2021	5 Días	10.11	10.12	10.11	10.09	80.24	16410	204.51
28	I5 - 4	18/10/2021	23/10/2021	5 Días	10.13	10.15	10.14	10.11	80.63	14440	179.09
29	I5 - 5	18/10/2021	23/10/2021	5 Días	10.09	10.09	10.12	10.12	80.20	14520	181.05
30	I5 - 6	18/10/2021	23/10/2021	5 Días	10.15	10.12	10.09	10.13	80.48	15500	192.59
31	I7 - 1	18/10/2021	25/10/2021	7 Días	10.10	10.09	10.15	10.16	80.52	17090	212.25
32	I7 - 2	18/10/2021	25/10/2021	7 Días	10.09	10.09	10.15	10.15	80.44	17460	217.06
33	I7 - 3	18/10/2021	25/10/2021	7 Días	10.16	10.14	10.12	10.12	80.67	16280	201.81
34	I7 - 4	18/10/2021	25/10/2021	7 Días	10.13	10.14	10.09	10.10	80.36	17150	213.41
35	I7 - 5	18/10/2021	25/10/2021	7 Días	10.14	10.14	10.11	10.13	80.60	17050	211.54
36	I7 - 6	18/10/2021	25/10/2021	7 Días	10.14	10.10	10.09	10.09	80.20	16650	207.61
37	I14 - 1	18/10/2021	01/11/2021	14 Días	10.12	10.15	10.14	10.12	80.63	21150	262.31
38	I14 - 2	18/10/2021	01/11/2021	14 Días	10.16	10.09	10.10	10.09	80.28	21740	270.80
39	I14 - 3	18/10/2021	01/11/2021	14 Días	10.10	10.12	10.14	10.09	80.32	19940	248.26
40	I14 - 4	18/10/2021	01/11/2021	14 Días	10.13	10.09	10.14	10.15	80.56	20680	256.70
41	I14 - 5	18/10/2021	01/11/2021	14 Días	10.15	10.13	10.16	10.10	80.67	21160	262.30
42	I14 - 6	18/10/2021	01/11/2021	14 Días	10.10	10.14	10.09	10.10	80.24	22000	274.18
43	I28 - 1	18/10/2021	15/11/2021	28 Días	10.14	10.13	10.16	10.11	80.67	24120	299.00
44	I28 - 2	18/10/2021	15/11/2021	28 Días	10.11	10.14	10.12	10.13	80.52	24300	301.79
45	I28 - 3	18/10/2021	15/11/2021	28 Días	10.12	10.14	10.14	10.10	80.52	24220	300.79
46	I28 - 4	18/10/2021	15/11/2021	28 Días	10.14	10.14	10.14	10.11	80.63	24520	304.11
47	I28 - 5	18/10/2021	15/11/2021	28 Días	10.12	10.09	10.16	10.13	80.52	24210	300.67
48	I28 - 6	18/10/2021	15/11/2021	28 Días	10.10	10.14	10.14	10.15	80.63	24580	304.85

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 49 — Resultados de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo I



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
INSTRUMENTO N° 10 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES											
DISEÑO DE CONCRETO F' C = 210 kg/cm2 CON CEMENTO TIPO I Y ADITIVO											
N°	Código de la Muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetros (cm)				Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
					d1	d2	d3	d4			
1	IA1 - 1	26/10/2021	27/10/2021	1 Días	10.15	10.12	10.10	10.09	80.36	6970	86.73
2	IA1 - 2	26/10/2021	27/10/2021	1 Días	10.09	10.14	10.11	10.13	80.40	6610	82.21
3	IA1 - 3	26/10/2021	27/10/2021	1 Días	10.13	10.12	10.14	10.15	80.67	6130	75.99
4	IA1 - 4	26/10/2021	27/10/2021	1 Días	10.15	10.15	10.09	10.16	80.71	6720	83.26
5	IA1 - 5	26/10/2021	27/10/2021	1 Días	10.11	10.12	10.10	10.09	80.20	6700	83.54
6	IA1 - 6	26/10/2021	27/10/2021	1 Días	10.14	10.11	10.16	10.14	80.71	6390	79.17
7	IA2 - 1	26/10/2021	28/10/2021	2 Días	10.14	10.14	10.09	10.16	80.63	12960	160.73
8	IA2 - 2	26/10/2021	28/10/2021	2 Días	10.14	10.12	10.16	10.15	80.79	13280	164.38
9	IA2 - 3	26/10/2021	28/10/2021	2 Días	10.15	10.15	10.13	10.14	80.79	12620	156.21
10	IA2 - 4	26/10/2021	28/10/2021	2 Días	10.10	10.12	10.15	10.09	80.36	13410	166.87
11	IA2 - 5	26/10/2021	28/10/2021	2 Días	10.09	10.12	10.15	10.16	80.60	13960	173.20
12	IA2 - 6	26/10/2021	28/10/2021	2 Días	10.14	10.15	10.11	10.16	80.75	12820	158.76
13	IA3 - 1	19/10/2021	22/10/2021	3 Días	10.13	10.12	10.12	10.13	80.52	16630	206.53
14	IA3 - 2	19/10/2021	22/10/2021	3 Días	10.14	10.10	10.16	10.14	80.67	16260	201.56
15	IA3 - 3	19/10/2021	22/10/2021	3 Días	10.10	10.09	10.09	10.10	80.04	16240	202.90
16	IA3 - 4	19/10/2021	22/10/2021	3 Días	10.11	10.10	10.14	10.16	80.56	17560	217.97
17	IA3 - 5	19/10/2021	22/10/2021	3 Días	10.13	10.14	10.10	10.14	80.56	16850	209.16
18	IA3 - 6	19/10/2021	22/10/2021	3 Días	10.09	10.14	10.13	10.15	80.56	15390	191.04
19	IA4 - 1	26/10/2021	30/10/2021	4 Días	10.10	10.13	10.10	10.14	80.40	18160	225.87
20	IA4 - 2	26/10/2021	30/10/2021	4 Días	10.14	10.16	10.09	10.15	80.67	17820	220.90
21	IA4 - 3	26/10/2021	30/10/2021	4 Días	10.16	10.11	10.12	10.11	80.52	18000	223.55
22	IA4 - 4	26/10/2021	30/10/2021	4 Días	10.09	10.12	10.13	10.16	80.52	17360	215.60
23	IA4 - 5	26/10/2021	30/10/2021	4 Días	10.10	10.16	10.09	10.15	80.52	18010	223.67
24	IA4 - 6	26/10/2021	30/10/2021	4 Días	10.15	10.09	10.16	10.10	80.52	19140	237.70
25	IA5 - 1	19/10/2021	24/10/2021	5 Días	10.10	10.10	10.15	10.12	80.40	20680	257.21
26	IA5 - 2	19/10/2021	24/10/2021	5 Días	10.14	10.14	10.15	10.10	80.63	21400	265.41
27	IA5 - 3	19/10/2021	24/10/2021	5 Días	10.12	10.11	10.09	10.16	80.44	20240	251.62
28	IA5 - 4	19/10/2021	24/10/2021	5 Días	10.14	10.11	10.15	10.11	80.56	21490	266.76
29	IA5 - 5	19/10/2021	24/10/2021	5 Días	10.10	10.11	10.14	10.14	80.48	21180	263.17
30	IA5 - 6	19/10/2021	24/10/2021	5 Días	10.09	10.13	10.10	10.13	80.32	18240	227.09
31	IA7 - 1	19/10/2021	26/10/2021	7 Días	10.14	10.09	10.12	10.13	80.44	23490	292.02
32	IA7 - 2	19/10/2021	26/10/2021	7 Días	10.12	10.12	10.13	10.11	80.44	21660	269.27
33	IA7 - 3	19/10/2021	26/10/2021	7 Días	10.10	10.11	10.14	10.14	80.48	21150	262.80
34	IA7 - 4	19/10/2021	26/10/2021	7 Días	10.12	10.16	10.11	10.09	80.44	22470	279.34
35	IA7 - 5	19/10/2021	26/10/2021	7 Días	10.13	10.15	10.11	10.16	80.71	19910	246.69
36	IA7 - 6	19/10/2021	26/10/2021	7 Días	10.11	10.16	10.12	10.16	80.71	21540	266.88
37	IA14 - 1	19/10/2021	02/11/2021	14 Días	10.12	10.10	10.14	10.13	80.48	25320	314.61
38	IA14 - 2	19/10/2021	02/11/2021	14 Días	10.13	10.14	10.13	10.11	80.56	23920	296.92
39	IA14 - 3	19/10/2021	02/11/2021	14 Días	10.11	10.11	10.09	10.09	80.12	24460	305.29
40	IA14 - 4	19/10/2021	02/11/2021	14 Días	10.12	10.12	10.09	10.10	80.24	26170	326.15
41	IA14 - 5	19/10/2021	02/11/2021	14 Días	10.11	10.11	10.14	10.14	80.52	26010	323.03
42	IA14 - 6	19/10/2021	02/11/2021	14 Días	10.13	10.15	10.14	10.12	80.67	25130	311.52
43	IA28 - 1	19/10/2021	16/11/2021	28 Días	10.12	10.16	10.09	10.12	80.48	27930	347.04
44	IA28 - 2	19/10/2021	16/11/2021	28 Días	10.13	10.09	10.10	10.15	80.40	28280	351.74
45	IA28 - 3	19/10/2021	16/11/2021	28 Días	10.14	10.13	10.10	10.09	80.36	27010	336.11
46	IA28 - 4	19/10/2021	16/11/2021	28 Días	10.11	10.10	10.10	10.14	80.32	26950	335.53
47	IA28 - 5	19/10/2021	16/11/2021	28 Días	10.09	10.15	10.16	10.13	80.63	26640	330.40
48	IA28 - 6	19/10/2021	16/11/2021	28 Días	10.13	10.09	10.16	10.13	80.56	26630	330.56

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 50 — Resultados de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo I y aditivo



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
INSTRUMENTO N° 10 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES											
DISEÑO DE CONCRETO F' C = 210 kg/cm2 CON CEMENTO TIPO IP											
N°	Código de la Muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetros (cm)				Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
					d1	d2	d3	d4			
1	IP1 - 1	25/10/2021	26/10/2021	1 Días	10.10	10.10	10.13	10.10	80.24	2140	26.67
2	IP1 - 2	25/10/2021	26/10/2021	1 Días	10.10	10.11	10.11	10.14	80.36	2330	28.99
3	IP1 - 3	25/10/2021	26/10/2021	1 Días	10.13	10.16	10.16	10.10	80.71	2380	29.49
4	IP1 - 4	25/10/2021	26/10/2021	1 Días	10.13	10.15	10.09	10.14	80.56	2280	28.30
5	IP1 - 5	25/10/2021	26/10/2021	1 Días	10.12	10.13	10.09	10.09	80.24	2460	30.66
6	IP1 - 6	25/10/2021	26/10/2021	1 Días	10.16	10.14	10.10	10.09	80.48	2350	29.20
7	IP2 - 1	25/10/2021	27/10/2021	2 Días	10.10	10.16	10.15	10.12	80.63	3690	45.76
8	IP2 - 2	25/10/2021	27/10/2021	2 Días	10.11	10.15	10.10	10.14	80.52	3670	45.58
9	IP2 - 3	25/10/2021	27/10/2021	2 Días	10.10	10.12	10.10	10.10	80.20	3940	49.13
10	IP2 - 4	25/10/2021	27/10/2021	2 Días	10.14	10.11	10.10	10.11	80.36	4030	50.15
11	IP2 - 5	25/10/2021	27/10/2021	2 Días	10.13	10.12	10.16	10.09	80.52	3710	46.08
12	IP2 - 6	25/10/2021	27/10/2021	2 Días	10.14	10.13	10.16	10.15	80.83	3930	48.62
13	IP3 - 1	16/10/2021	19/10/2021	3 Días	10.11	10.12	10.14	10.12	80.48	4450	55.29
14	IP3 - 2	16/10/2021	19/10/2021	3 Días	10.10	10.16	10.13	10.11	80.52	4890	60.73
15	IP3 - 3	16/10/2021	19/10/2021	3 Días	10.15	10.15	10.09	10.13	80.60	4610	57.20
16	IP3 - 4	16/10/2021	19/10/2021	3 Días	10.10	10.14	10.16	10.12	80.60	4360	54.09
17	IP3 - 5	16/10/2021	19/10/2021	3 Días	10.15	10.09	10.14	10.11	80.48	4620	57.41
18	IP3 - 6	16/10/2021	19/10/2021	3 Días	10.16	10.13	10.12	10.10	80.56	4790	59.46
19	IP4 - 1	25/10/2021	29/10/2021	4 Días	10.10	10.09	10.12	10.14	80.32	6100	75.95
20	IP4 - 2	25/10/2021	29/10/2021	4 Días	10.09	10.12	10.11	10.16	80.44	6690	83.17
21	IP4 - 3	25/10/2021	29/10/2021	4 Días	10.16	10.13	10.10	10.13	80.60	5580	69.23
22	IP4 - 4	25/10/2021	29/10/2021	4 Días	10.13	10.10	10.16	10.14	80.63	6600	81.86
23	IP4 - 5	25/10/2021	29/10/2021	4 Días	10.16	10.09	10.09	10.11	80.32	6110	76.07
24	IP4 - 6	25/10/2021	29/10/2021	4 Días	10.12	10.15	10.13	10.10	80.52	6420	79.73
25	IP5 - 1	16/10/2021	21/10/2021	5 Días	10.16	10.12	10.14	10.15	80.79	9130	113.01
26	IP5 - 2	16/10/2021	21/10/2021	5 Días	10.10	10.13	10.11	10.10	80.28	9220	114.85
27	IP5 - 3	16/10/2021	21/10/2021	5 Días	10.09	10.11	10.16	10.14	80.52	9750	121.09
28	IP5 - 4	16/10/2021	21/10/2021	5 Días	10.13	10.11	10.10	10.11	80.32	9560	119.02
29	IP5 - 5	16/10/2021	21/10/2021	5 Días	10.14	10.15	10.11	10.10	80.52	9130	113.39
30	IP5 - 6	16/10/2021	21/10/2021	5 Días	10.15	10.14	10.13	10.10	80.60	8150	101.12
31	IP7 - 1	16/10/2021	23/10/2021	7 Días	10.15	10.16	10.12	10.13	80.75	10850	134.37
32	IP7 - 2	16/10/2021	23/10/2021	7 Días	10.16	10.14	10.09	10.14	80.63	10980	136.18
33	IP7 - 3	16/10/2021	23/10/2021	7 Días	10.12	10.12	10.11	10.15	80.52	11030	136.98
34	IP7 - 4	16/10/2021	23/10/2021	7 Días	10.14	10.09	10.10	10.11	80.28	11490	143.12
35	IP7 - 5	16/10/2021	23/10/2021	7 Días	10.10	10.16	10.11	10.15	80.60	11490	142.56
36	IP7 - 6	16/10/2021	23/10/2021	7 Días	10.16	10.14	10.16	10.13	80.87	11420	141.21
37	IP14 - 1	16/10/2021	30/10/2021	14 Días	10.16	10.15	10.13	10.12	80.75	10300	127.55
38	IP14 - 2	16/10/2021	30/10/2021	14 Días	10.15	10.15	10.16	10.10	80.75	12140	150.34
39	IP14 - 3	16/10/2021	30/10/2021	14 Días	10.09	10.14	10.14	10.16	80.63	12130	150.44
40	IP14 - 4	16/10/2021	30/10/2021	14 Días	10.09	10.09	10.15	10.12	80.32	12430	154.76
41	IP14 - 5	16/10/2021	30/10/2021	14 Días	10.15	10.15	10.13	10.10	80.63	10790	133.82
42	IP14 - 6	16/10/2021	30/10/2021	14 Días	10.15	10.10	10.10	10.11	80.36	12330	153.43
43	IP28 - 1	16/10/2021	13/11/2021	28 Días	10.15	10.09	10.13	10.12	80.48	15020	186.63
44	IP28 - 2	16/10/2021	13/11/2021	28 Días	10.11	10.12	10.10	10.15	80.44	14710	182.87
45	IP28 - 3	16/10/2021	13/11/2021	28 Días	10.12	10.13	10.10	10.11	80.36	14730	183.30
46	IP28 - 4	16/10/2021	13/11/2021	28 Días	10.10	10.16	10.12	10.12	80.52	14570	180.95
47	IP28 - 5	16/10/2021	13/11/2021	28 Días	10.09	10.14	10.15	10.09	80.40	14190	176.49
48	IP28 - 6	16/10/2021	13/11/2021	28 Días	10.11	10.11	10.15	10.16	80.63	14690	182.19

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL INFORME FINAL DE TESIS "ESTUDIO DEL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO HE Y DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO Z FRAGUA # 5 PARA ACELERAR LA RESISTENCIA INICIAL A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C = 210 kg/cm²"

Figura 51 — Resultados de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con cemento tipo IP



Anexo 3: Panel fotográfico



Figura 52 — Análisis granulométrico del agregado grueso



Figura 53 — Análisis granulométrico del agregado fino



Figura 54 — Peso unitario del agregado fino y agregado grueso



Figura 55 — Peso específico y absorción del agregado grueso

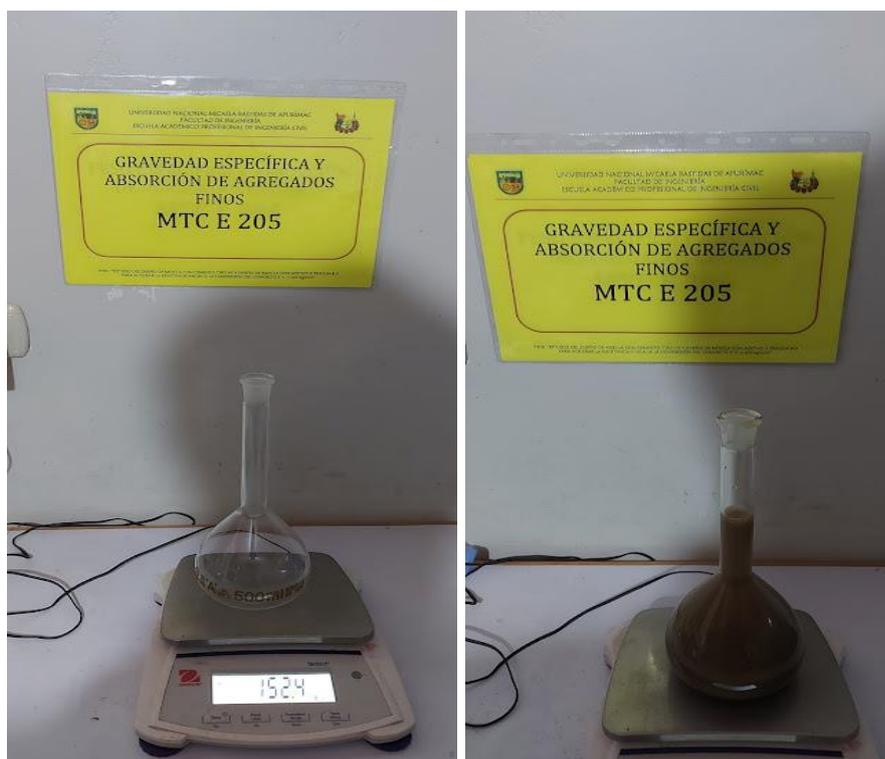


Figura 56 — Gravedad específica y absorción del agregado fino



Figura 57 — Determinación del asentamiento del concreto fresco



Figura 58 — Elaboración de especímenes de concreto



Figura 59 — Curado de concreto



Figura 60 — Probetas de concreto antes del ensayo a la compresión simple



Figura 61 — Probetas de concreto antes del ensayo a la compresión simple



Figura 62 — Probetas de concreto después del ensayo a la compresión simple



Figura 63 — Pesado de probetas de concreto antes del ensayo a la compresión simple



Figura 64 — Ensayo a la compresión simple del concreto a edades de 1, 2 y 3 días



Figura 65 — Ensayo a la compresión simple del concreto a edades de 4, 5, 7 días



Figura 66 — Ensayo a la compresión simple del concreto a edades de 14 y 28 días



Figura 67 — Ensayo del tiempo de fraguado del cemento



Figura 68 — Asesor de tesis verificando el ensayo a la compresión simple del concreto

Anexo 4: Certificados de calibración de equipos



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 485 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 415-2021
Fecha de emisión : 2021-09-28

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

1. Solicitante : SAYWITE APURIMAC S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 7 URB. VICTOR ACOSTA RIOS - ABANCAY - APURIMAC

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : MG LABORATORIOS
Modelo de Prensa : NO INDICA
Serie de Prensa : 006-0921
Capacidad de Prensa : 10 kgf

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Marca de indicador : HIGH WEIGHT
Modelo de Indicador : 315-X8
Serie de Indicador : 985268865

Marca de Transductor : ZEMIC
Modelo de Transductor : YB15
Serie de Transductor : 6378

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Bomba Hidraulica : ELÉCTRICA

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. LAS SILVITAS NRO. 276 SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
27 - SETIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración
La Calibracion se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 106-2021	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	18,3	18,3
Humedad %	74	74

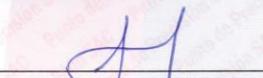
7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 485 - 2021

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10000	9921	9941	0,79	0,59	9931,0	0,69	-0,20
20000	19932	19901	0,34	0,50	19916,5	0,42	0,16
30000	29949	29945	0,17	0,18	29947,0	0,18	0,01
40000	39953	39995	0,12	0,01	39974,0	0,07	-0,11
50000	49970	49912	0,06	0,18	49941,0	0,12	0,12
60000	59974	59956	0,04	0,07	59965,0	0,06	0,03
70000	69984	69931	0,02	0,10	69957,5	0,06	0,08

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = \frac{(A-B)}{B} \cdot 100 \quad Rp = \frac{\text{Error}(2) - \text{Error}(1)}{\text{Error}(1)} \cdot 100$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente de Correlación : $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9994x + 76,901$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

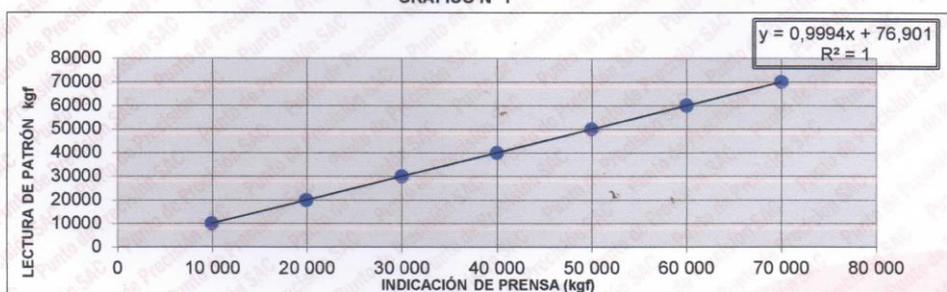
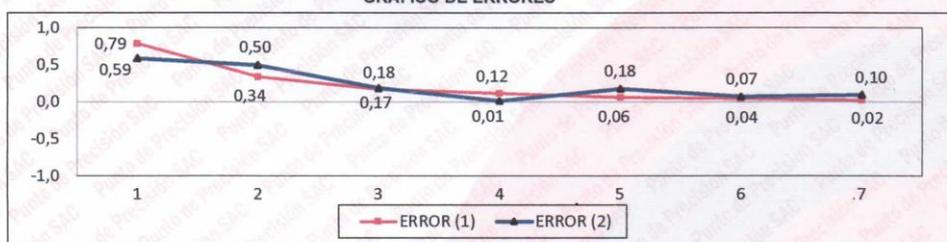


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

Figura 69 — Certificado de calibración de la maquina uniaxial



No.

Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

067-2018 PLT

Page / Pág 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	HORNO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PINZUAR LTDA	
Modelo <i>Model</i>	PG 2001	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	117	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	N.I.	
Intervalo de Medición <i>Measurement Range</i>	0 °C a 100 °C	
Solicitante <i>Customer</i>	SAYWITE APURIMAC S.A.C.	
Dirección <i>Address</i>	MZA. E LOTE. 7 URB. VICTOR ACOSTA RIOS (1 CDRÁ ARRIBA LOZA DEPORTIVA C2P NARANJA) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY	
Ciudad <i>City</i>		
Ubicación del Equipo <i>Place of the instrument</i>	LABORATORIO	
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2021 - 10 - 04	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2021 - 10 - 05	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar Ltda. no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se saquen de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

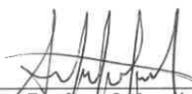
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas Autorizadas

Authorized signatureS



Fis. Harold Jackson Orihuela Chipana
Coordinador Laboratorio de Metrología



Tec. Aaron Soriano Huerta
Técnico Laboratorio de Metrología

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

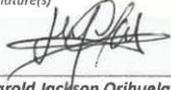
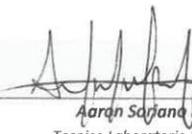
Calle Ricardo Palma # 998 Urbanización San Joaquín / Bellavista - Callao | Teléfono: 51(1) 5621263 - 4641606 | Lima, Perú | peru.laboratorio@pinzuar.com.co
peru.comercial@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co

Figura 70 — Certificado de calibración de horno



No.

CERTIFICADO DE CALIBRACION 068-2018 PLM

OBJETO DE PRUEBA <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<i>Pág. 1 de 4</i>
RANGO(S) <i>Measurement range</i>	0-30 kg	
FABRICANTE <i>Manufacturer</i>	OHAUS	
MODELO <i>Model</i>	R31P30	
SERIE <i>Identification number</i>	8338500159	
INTERVALO CALIBRADO <i>Calibrated interval</i>	0-30 kg	
SOLICITANTE <i>Customer</i>	SAYWITE APURIMAC S.A.C.	
DIRECCIÓN <i>Address</i>	MZA. E LOTE. 7 URB. VICTOR ACOSTA RIOS (1 CDRA ARRIBA LOZA DEPORTIVA C2P NARANJA) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY	
CIUDAD <i>City</i>	ABANCAY	
UBICACIÓN DEL INSTRUMENTO <i>Location of the instrument</i>	Laboratorio	
FECHA DE CALIBRACIÓN <i>Date of calibration</i>	2021 - 10 - 04	
FECHA DE EXPEDICIÓN <i>Date of Issue</i>	2021 - 10 - 05	
NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS <i>Number of pages of this certificate and documents attached</i>	4	
FIRMAS AUTORIZADAS <i>Authorized Signature(s)</i>	 Harold Jackson Orihuela Chipana <i>Coordinador Laboratorio Metrología</i>	 Aaron Sajana Huerta <i>Tecnico Laboratorio Metrología.</i>

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Calle Ricardo Palma # 998 Urbanización San Joaquín / Bellavista - Callao | Teléfono: 51(1) 5621263 - 4641606 | Lima, Perú | peru.laboratorio@pinzuar.com.co
peru.comercial@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co

Figura 71 — Certificado de calibración de instrumento de pesaje no automático

