



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DE ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGUA EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETOS
ELABORADOS CON CEMENTOS PORTLAND TIPO I Y IP, PUNO
2024**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JUAN OSCAR MAMANI ARI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2024



JUAN OSCAR MAMANI ARI

INFLUENCIA DE ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGUA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETOS ELABORAD

 Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::8254:415530738

257 Páginas

Fecha de entrega
12 dic 2024, 2:45 p.m. GMT-5

55,124 Palabras

Fecha de descarga
12 dic 2024, 2:51 p.m. GMT-5

260,456 Caracteres

Nombre de archivo
INFLUENCIA DE ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGUA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN C....pdf

Tamaño de archivo
5.5 MB





14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 12% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitan distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Diego Daniel Laque Córdova
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 2006511

VOS i

16 dic 2024
Ing. Jaime Medina Leiva
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 910545
SUBDIRECTOR UNV EPIC





DEDICATORIA

A mi madre Aurelia, por el apoyo incondicional que me brindo todos los días, y enseñarme a luchar y salir adelante antes las peores adversidades de la vida.

A mi padre Enrique, por el apoyo, enseñanzas y consejos que me ayudaron a formar mi vida.

A mi abuelo José, que en paz descanse, por su apoyo incondicional a mis estudios.

A mi pareja Nashiely, por su apoyo emocional, motivándome cada día a lograr mis metas.

A mis familiares y amigos que contribuyeron a que este objetivo se haga realidad.

Juan Oscar Mamani Ari



AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por darme fortaleza en los peores momentos de mi vida, permitiéndome a salir adelante, y así permitirme estar donde estoy ahora.

A los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Altiplano, por la contribución de conocimiento para mi desarrollo profesional.

A mi asesor de tesis Mg. Gino Frank Laque Córdova, por su apoyo y recomendaciones durante todo el proceso de la ejecución de la presente investigación.

A mis miembros del jurado Mg. Emilio Castillo Aroni, Mg. Diana Elizabeth Quinto Gastiaburu, Mg. Carlos Alberto Gonzales Gutiérrez, por las observaciones y recomendaciones, que aportaron a la culminación de la presente investigación.

A mis familiares y amigos, por el apoyo incondicional en el desarrollo de distintas etapas de mi vida profesional.

Juan Oscar Mamani Ari



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTOS | |
| ÍNDICE GENERAL | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE ACRÓNIMOS | |
| RESUMEN | 28 |
| ABSTRACT..... | 29 |
| CAPITULO I | |
| INTRODUCCIÓN | |
| 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 30 |
| 1.2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN | 32 |
| 1.2.1. Problema general | 32 |
| 1.2.2. Problemas específicos..... | 32 |
| 1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN | 33 |
| 1.3.1. Hipótesis general..... | 33 |
| 1.3.2. Hipótesis Especifica..... | 33 |
| 1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 34 |
| 1.4.1. Objetivo general..... | 34 |
| 1.4.2. Objetivos específicos | 34 |
| CAPITULO II | |
| REVISIÓN DE LITERATURA | |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 36 |



| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.1. Antecedentes internacionales..... | 36 |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales | 37 |
| 2.1.3. Antecedentes Locales | 42 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS | 44 |
| 2.2.1. Concreto..... | 44 |
| 2.2.2. Cemento Portland | 44 |
| 2.2.2.1. Definición de cemento portland..... | 44 |
| 2.2.2.2. Composición química del cemento portland..... | 44 |
| 2.2.2.3. Hidratación de la pasta del cemento portland | 45 |
| 2.2.2.4. Clasificación de los tipos de cementos portland | 46 |
| 2.2.3. Agregados | 47 |
| 2.2.3.1. Clasificación de agregados..... | 48 |
| 2.2.3.2. Propiedades físicas del agregado | 49 |
| 2.2.3.3. Impurezas orgánicas de los agregados | 51 |
| 2.2.4. Agua para el mezclado del concreto. | 51 |
| 2.2.5. Aditivos..... | 52 |
| 2.2.5.1. Tipos de aditivos acelerantes | 52 |
| 2.2.6. Aditivos acelerantes de fragua | 53 |
| 2.2.6.1. Tipos de aditivos acelerantes de fragua | 54 |
| 2.2.7. Cemento portland tipo I | 55 |
| 2.2.8. Cemento portland tipo IP | 56 |
| 2.2.9. Desarrollo de la resistencia de diferentes tipos de cemento portland | 57 |
| 2.2.10. Controles del concreto fresco..... | 59 |
| 2.2.10.1. Consistencia del concreto fresco..... | 59 |
| 2.2.10.2. Temperatura del concreto fresco | 60 |



| | |
|-------------------------------------------------------|----|
| 2.2.11. Resistencia a la compresión del concreto..... | 60 |
| 2.2.12. Costos | 61 |
| 2.2.12.1.Presupuesto | 61 |
| 2.2.12.2.Precios unitarios..... | 62 |
| 2.2.12.3.Mano de Obra..... | 62 |
| 2.2.12.4.Materiales..... | 62 |
| 2.2.12.5.Maquinaria y equipo | 63 |

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 64 |
| 3.2. PERIODO Y DURACIÓN DEL ESTUDIO..... | 64 |
| 3.3. MATERIALES..... | 65 |
| 3.3.1. Cemento Portland | 65 |
| 3.3.2. Aditivos acelerantes de fragua..... | 66 |
| 3.3.3. Agregados | 68 |
| 3.3.4. Agua..... | 69 |
| 3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 69 |
| 3.4.1. Enfoque de la investigación..... | 69 |
| 3.4.2. Tipo de Investigación..... | 70 |
| 3.4.3. Nivel de la investigación..... | 70 |
| 3.4.4. Según el tiempo de Estudio: Transversal..... | 70 |
| 3.4.5. Diseño de la investigación: Cuasiexperimental | 71 |
| 3.4.6. Definición de Variables | 71 |
| 3.4.6.1. Variable independiente..... | 71 |
| 3.4.6.2. Variable dependiente..... | 72 |



| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.7. Operacionalización de variables | 73 |
| 3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO | 73 |
| 3.5.1. Población | 73 |
| 3.5.2. Muestra | 74 |
| 3.6. CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND | 75 |
| 3.6.1. Ensayo de densidad del cemento portland | 75 |
| 3.6.1.1. Equipos y materiales | 75 |
| 3.6.1.2. Procedimiento | 75 |
| 3.6.1.3. Cálculos..... | 77 |
| 3.7. CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO..... | 78 |
| 3.7.1. Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino | 78 |
| 3.7.1.1. Equipos y materiales | 78 |
| 3.7.1.2. Procedimiento | 78 |
| 3.7.1.3. Cálculos..... | 79 |
| 3.7.2. Ensayo del peso específico y absorción del agregado fino..... | 80 |
| 3.7.2.1. Equipos y materiales | 80 |
| 3.7.2.2. Procedimiento | 80 |
| 3.7.2.3. Cálculos..... | 84 |
| 3.7.3. Ensayo del peso unitario suelto y compactado del agregado fino | 84 |
| 3.7.3.1. Equipos y materiales | 84 |
| 3.7.3.2. Procedimiento | 85 |
| 3.7.3.3. Cálculos..... | 87 |
| 3.7.4. Ensayo de contenido de humedad del agregado fino..... | 87 |
| 3.7.4.1. Equipos y materiales | 88 |
| 3.7.4.2. Procedimiento | 88 |



| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.7.4.3. Cálculos..... | 89 |
| 3.7.5. Ensayo de impurezas orgánicas en el agregado fino. | 89 |
| 3.7.5.1. Equipos y materiales | 90 |
| 3.7.5.2. Procedimiento | 90 |
| 3.7.5.3. Cálculos..... | 93 |
| 3.8. CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO GRUESO..... | 93 |
| 3.8.1. Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso | 93 |
| 3.8.1.1. Equipos y materiales | 94 |
| 3.8.1.2. Procedimiento | 94 |
| 3.8.1.3. Cálculos..... | 97 |
| 3.8.2. Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso | 97 |
| 3.8.2.1. Equipos y materiales | 97 |
| 3.8.2.2. Procedimiento | 98 |
| 3.8.2.3. Cálculos..... | 100 |
| 3.8.3. Ensayo del peso unitario suelto y compactado del agregado fino | 101 |
| 3.8.3.1. Equipos y materiales | 101 |
| 3.8.3.2. Procedimiento | 101 |
| 3.8.3.3. Cálculos..... | 104 |
| 3.8.4. Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso. | 104 |
| 3.8.4.1. Equipos y materiales | 104 |
| 3.8.4.2. Procedimiento | 105 |
| 3.8.4.3. Cálculos..... | 106 |
| 3.8.5. Ensayo de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles..... | 106 |
| 3.8.5.1. Equipo y materiales..... | 107 |



| | |
|-------------------------------------------------------------|------------|
| 3.8.5.2. Procedimiento | 107 |
| 3.8.5.3. Cálculos..... | 109 |
| 3.9. DISEÑO DE MEZCLAS | 110 |
| 3.9.1. Diseño de mezclas con cemento portland tipo IP | 110 |
| 3.9.1.1. Cálculo de resistencia promedio requerida | 110 |
| 3.9.1.2. Tamaño máximo y tamaño máximo nominal..... | 111 |
| 3.9.1.3. Selección de asentamiento | 111 |
| 3.9.1.4. Volumen unitario de agua y aire atrapado..... | 112 |
| 3.9.1.5. Relación agua cemento (a/c)..... | 112 |
| 3.9.1.6. Factor cemento | 113 |
| 3.9.1.7. Selección del Contenido de Agregado Grueso..... | 114 |
| 3.9.1.8. Cálculo de volúmenes absolutos | 115 |
| 3.9.1.9. Contenido de agregado fino | 116 |
| 3.9.1.10. Valores de diseño | 116 |
| 3.9.1.11. Corrección por contenido de humedad | 116 |
| 3.9.1.12. Proporciones de la mezcla..... | 118 |
| 3.9.2. Diseño de mezclas con cemento portland tipo I | 118 |
| 3.9.2.1. Cálculo de resistencia promedio requerida | 118 |
| 3.9.2.2. Cálculo de resistencia promedio requerida | 119 |
| 3.9.2.3. Selección de asentamiento | 119 |
| 3.9.2.4. Volumen unitario de agua y aire atrapado..... | 119 |
| 3.9.2.5. Relación agua cemento (a/c)..... | 120 |
| 3.9.2.6. Factor cemento | 121 |
| 3.9.2.7. Selección del Contenido de Agregado Grueso..... | 122 |
| 3.9.2.8. Cálculo de volúmenes absolutos | 123 |



| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.9.2.9. Contenido de agregado fino | 123 |
| 3.9.2.10. Valores de diseño | 124 |
| 3.9.2.11. Corrección por contenido de humedad | 124 |
| 3.9.2.12. Proporciones de la mezcla..... | 125 |
| 3.9.3. Cantidades según tipo de cemento y dosificación de aditivos acelerantes de fragua..... | 126 |
| 3.10. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO ... | 127 |
| 3.11. CONTROLES DEL CONCRETO FRESCO | 129 |
| 3.11.1. Medición del asentamiento del concreto | 129 |
| 3.11.1.1. Equipo | 129 |
| 3.11.1.2. Procedimiento | 129 |
| 3.11.2. Control de temperatura del concreto fresco | 131 |
| 3.11.2.1. Equipo | 131 |
| 3.11.2.2. Procedimiento | 131 |
| 3.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 132 |
| 3.12.1. Prueba de normalidad..... | 132 |
| 3.12.1.1. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk..... | 132 |
| 3.12.2. Prueba de hipótesis..... | 133 |
| 3.12.2.1. Análisis de varianza | 133 |
| 3.12.2.2. Procedimiento de Tukey..... | 136 |

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE CEMENTO PORTLAND..... | 137 |
| 4.1.1. Ensayo de densidad del cemento portland..... | 137 |
| 4.2. RESULTADOS DE ENSAYO DE AGREGADOS | 138 |



| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.1. Ensayo de análisis granulométrico de agregados | 138 |
| 4.2.2. Ensayo del peso específico y absorción del agregado | 141 |
| 4.2.3. Ensayo del peso unitario suelto y compactado del agregado..... | 142 |
| 4.2.4. Ensayo de contenido de humedad de los agregados | 145 |
| 4.3. RESULTADO DE ENSAYOS QUÍMICOS DEL AGREGADO | 146 |
| 4.3.1. Ensayo de impurezas orgánicas en el agregado fino. | 146 |
| 4.4. RESULTADO DE ENSAYOS MECÁNICOS DEL AGREGADO..... | 147 |
| 4.4.1. Ensayo de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles | 147 |
| 4.5. RESULTADOS DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO | |
| FRESCO | 148 |
| 4.5.1. Ensayo de asentamiento del concreto fresco | 148 |
| 4.5.2. Ensayo de temperatura del concreto fresco | 150 |
| 4.6. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL | |
| CONCRETO..... | 152 |
| 4.6.1. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días. | 152 |
| 4.6.2. Desviación estándar para el control de calidad de las pruebas | 171 |
| 4.6.3. Comparación de resultados del ensayo de resistencia a la compresión .. | 173 |
| 4.6.4. Diferencia en la resistencia a la compresión entre los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas..... | 179 |
| 4.6.5. Diferencias de desarrollo entre los aditivos y el patrón a diferentes edades. | 180 |
| 4.7. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS | 181 |



| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.7.1. Resultado de análisis de costos unitarios del cemento tipo IP y aditivos. | 181 |
| 4.7.2. Resultado análisis de costos unitarios del cemento tipo I y aditivos. | 191 |
| 4.7.3. Análisis de costos unitario de cemento portland tipo I y IP, con aditivos. | 200 |
| 4.8. PRUEBA DE NORMALIDAD DE SHAPIRO-WILK..... | 202 |
| 4.8.1. Prueba de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión del concreto de muestras de 6"x12"..... | 202 |
| 4.9. PRUEBA DE HIPÓTESIS | 220 |
| 4.9.1. Prueba de hipótesis para muestras a los 7 días con cemento portland tipo IP, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas..... | 220 |
| 4.9.2. Prueba de hipótesis para muestras a los 14 días con cemento portland tipo IP, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas..... | 223 |
| 4.9.3. Prueba de hipótesis para muestras a los 28 días con cemento portland tipo IP, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas..... | 226 |
| 4.9.4. Prueba de hipótesis para muestras a los 7 días con cemento portland tipo I, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas..... | 229 |
| 4.9.5. Prueba de hipótesis para muestras a los 14 días con cemento portland tipo I, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas..... | 232 |



| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.9.6. Prueba de hipótesis para muestras a los 28 días con cemento portland tipo I, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas | 235 |
| 4.10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 238 |
| 4.10.1. Discusión del objetivo general | 238 |
| 4.10.2. Discusión del objetivo específico N° 01 | 239 |
| 4.10.3. Discusión del objetivo específico N° 02 | 241 |
| 4.10.4. Discusión del objetivo específico N° 03 | 242 |
| 4.10.5. Discusión del objetivo específico N° 04 | 242 |
| 4.10.6. Discusión del objetivo específico N° 05 | 243 |
| V. CONCLUSIONES | 245 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 249 |
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 250 |
| ANEXOS..... | 255 |

ÁREA: Construcciones.

TEMA: La tecnología de los materiales en la construcción.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Construcciones y gerencia.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 27 de diciembre del 2024



ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Figura 1 Estados de humedad del agregado | 50 |
| Figura 2 Comportamiento de la resistencia a la compresión con aditivo acelerantes de fragua a diferentes edades | 54 |
| Figura 3 Desarrollo de la resistencia a la compresión en concretos con relación $a/c=0.49$ con diferentes cementos | 58 |
| Figura 4 Aporte de resistencia en los compuestos principales del cemento | 59 |
| Figura 5 Ubicación geográfica del área de estudio | 64 |
| Figura 6 Muestras visuales del tipo de color para cemento portland tipo IP y tipo I. 66 | |
| Figura 7 Muestras visuales de los dos tipos de aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y a base de sales alcalinas | 68 |
| Figura 8 Extracción de material de cantera de agregados - Viluyo..... | 69 |
| Figura 9 Lectura del nivel del frasco con gasolina..... | 76 |
| Figura 10 Pesado del cemento portland | 76 |
| Figura 11 Frasco con cemento y gasolina en proceso de baño maría | 77 |
| Figura 12 Ensayo de granulometría del agregado fino..... | 79 |
| Figura 13 Muestra saturada del agregado fino | 81 |
| Figura 14 Proceso de calentamiento del material fino en la cocina | 81 |
| Figura 15 Ensayo del material fino en el molde cónico | 82 |
| Figura 16 Proceso de pesado del picnómetro más agua..... | 83 |
| Figura 17 Proceso de baño maría de la muestra de agregado fino | 83 |
| Figura 18 Proceso de secado al sol del agregado fino..... | 85 |
| Figura 19 Proceso de cuarteo del agregado fino | 86 |
| Figura 20 Ensayo de peso unitario del agregado fino | 87 |
| Figura 21 Pesaje de material fino para el contenido de humedad | 88 |
| Figura 22 Ensayo de contenido de humedad del agregado fino..... | 89 |
| Figura 23 Llenado de material en la botella | 90 |
| Figura 24 Preparación de la mezcla para el ensayo de impurezas orgánicas | 91 |
| Figura 25 Proceso de llenado con la mezcla en la muestra | 91 |
| Figura 26 Ensayo de impurezas inorgánicas del agregado fino | 92 |
| Figura 27 Resultados del ensayo de impurezas inorgánicas del agregado fino | 92 |



| | | |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 28 | Proceso de cuarteo del material grueso..... | 94 |
| Figura 29 | Cantidad muestra para ensayo granulométrico del agregado grueso..... | 96 |
| Figura 30 | Ensayo granulométrico del agregado grueso | 97 |
| Figura 31 | Secado de agregado grueso con paño | 99 |
| Figura 32 | Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso..... | 100 |
| Figura 33 | Secado al sol de material grueso | 102 |
| Figura 34 | Proceso de cuarto de material grueso..... | 102 |
| Figura 35 | Enrasado de material grueso en recipiente..... | 103 |
| Figura 36 | Ensayo de peso unitario del agregado grueso | 103 |
| Figura 37 | Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso..... | 106 |
| Figura 38 | Proceso de tamizaje de material..... | 108 |
| Figura 39 | Ensayo de abrasión de los ángeles agregado grueso..... | 109 |
| Figura 40 | Pesado de material que retiene el tamiz N° 12 | 109 |
| Figura 41 | Elaboración de especímenes de concreto..... | 128 |
| Figura 42 | Desenfrado de especímenes de concreto | 128 |
| Figura 43 | Curado de especímenes de concreto en poza de curado | 129 |
| Figura 44 | Proceso del método de Cono de Abrams del concreto fresco..... | 130 |
| Figura 45 | Control del slump en el concreto | 130 |
| Figura 46 | Control de temperatura del concreto fresco | 131 |
| Figura 47 | Curva Granulométrica del agregado grueso | 139 |
| Figura 48 | Curva granulométrica del agregado fino | 141 |
| Figura 49 | Resultados de impurezas orgánicas del agregado fino. | 147 |
| Figura 50 | Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio..... | 173 |
| Figura 51 | Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua a base de sales alcalinas..... | 174 |
| Figura 52 | Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio..... | 175 |
| Figura 53 | Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua a base de sales alcalinas..... | 176 |
| Figura 54 | Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo IP y aditivos..... | 177 |
| Figura 55 | Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo I y aditivos..... | 178 |



| | | |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 56 | Comparación de costos para cemento portland tipo IP, con aditivos | 200 |
| Figura 57 | Comparación de costos para cemento portland tipo I, con aditivos. | 201 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tabla 1 | Requisitos para el agua de mezclado 52 |
| Tabla 2 | Valores típicos de la composición del cemento portland tipo I..... 56 |
| Tabla 3 | Características según la norma para cemento portland tipo I 56 |
| Tabla 4 | Características según la norma para cemento portland tipo IP 57 |
| Tabla 5 | Tolerancia permisible para el ensayo de resistencia a la compresión..... 60 |
| Tabla 6 | Control estándar de desviación entre testigos de concreto 61 |
| Tabla 7 | Propiedades físicas y químicas de los cementos portland tipo IP y tipo I... 65 |
| Tabla 8 | Componentes del aditivo acelerante de fragua a base cloruro de calcio..... 67 |
| Tabla 9 | Componentes del aditivo acelerante de fragua a base sales alcalinas..... 67 |
| Tabla 10 | Características de los aditivos acelerantes de fragua usados. 67 |
| Tabla 11 | Operacionalización de variables 73 |
| Tabla 12 | Cantidad de especímenes a ensayar a la resistencia a la compresión del concreto..... 74 |
| Tabla 13 | Placa orgánica del ensayo de impurezas orgánicas del agregado fino..... 93 |
| Tabla 14 | Tabla de cantidad de muestra para ensayo de granulometría agregado grueso según el tamaño máximo nominal 95 |
| Tabla 15 | Selección de cantidad de material, para peso específico y absorción 98 |
| Tabla 16 | Cantidad de muestra de agregado grueso para contenido de humedad 105 |
| Tabla 17 | Tipo de gradación para ensayo de abrasión los ángeles 107 |
| Tabla 18 | Características de los agregados para diseño de mezclas 110 |
| Tabla 19 | Resistencia promedio requerida cuando no hay datos disponibles 111 |
| Tabla 20 | Selección de asentamiento de la mezcla de concreto..... 112 |
| Tabla 21 | Requerimientos para la selección del volumen unitario de agua y aire atrapado..... 112 |
| Tabla 22 | Selección de agua-cemento por resistencia..... 113 |
| Tabla 23 | Selección del volumen de agregado grueso. 114 |
| Tabla 24 | Resistencia promedio requerida cuando no hay datos disponibles 118 |
| Tabla 25 | Selección de asentamiento de la mezcla de concreto..... 119 |
| Tabla 26 | Selección del volumen unitario de agua y aire atrapado..... 120 |
| Tabla 27 | Selección de agua-cemento por resistencia..... 120 |



| | | |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 28 | Selección del volumen de agregado grueso. | 122 |
| Tabla 29 | Cantidad de aditivo acelerante de fragua para un concreto de diseño de mezcla $f'c=210$ kg/cm ² con cemento tipo IP. | 126 |
| Tabla 30 | Cantidad de aditivo acelerante de fragua para un concreto de diseño de mezcla $f'c=210$ kg/cm ² con cemento tipo I. | 127 |
| Tabla 31 | Resultado de ensayo de densidad del cemento portland tipo IP. | 137 |
| Tabla 32 | Resultado de ensayo de densidad del cemento portland tipo I. | 138 |
| Tabla 33 | Ensayo de granulometría del agregado grueso | 139 |
| Tabla 34 | Ensayo de granulometría del agregado grueso | 140 |
| Tabla 35 | Peso específico y absorción del agregado grueso | 141 |
| Tabla 36 | Peso específico y absorción del agregado fino | 142 |
| Tabla 37 | Peso unitario suelto del agregado grueso. | 143 |
| Tabla 38 | Peso unitario compactado del agregado grueso | 143 |
| Tabla 39 | Peso unitario suelto del agregado fino | 144 |
| Tabla 40 | Peso unitario compactado del agregado fino | 144 |
| Tabla 41 | Contenido de humedad del agregado grueso | 145 |
| Tabla 42 | Contenido de humedad del agregado fino | 146 |
| Tabla 43 | Resultados de abrasión de los ángeles, agregado grueso | 148 |
| Tabla 44 | Resultados de asentamiento para concreto con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua | 148 |
| Tabla 45 | Resultados de asentamiento para concreto con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua | 149 |
| Tabla 46 | Resultados de temperatura para concreto fresco con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua | 150 |
| Tabla 47 | Resultados de temperatura para concreto fresco con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua | 151 |
| Tabla 48 | Resultados de ensayo a la resistencia a la compresión del concreto, elaborado con cemento portland tipo IP sin aditivos. | 153 |
| Tabla 49 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 01% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio. | 154 |
| Tabla 50 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 02% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio. | 155 |
| Tabla 51 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 03% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio. | 156 |



| | | |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 52 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 04% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio..... | 157 |
| Tabla 53 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 01% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas..... | 158 |
| Tabla 54 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 02% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas..... | 159 |
| Tabla 55 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 03% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas..... | 160 |
| Tabla 56 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 04% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas..... | 161 |
| Tabla 57 | Resultados de ensayo a la resistencia a la compresión del concreto, elaborado con cemento portland tipo I sin aditivos. | 162 |
| Tabla 58 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 01% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio..... | 163 |
| Tabla 59 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 02% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio..... | 164 |
| Tabla 60 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 03% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio..... | 165 |
| Tabla 61 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 04% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio..... | 166 |
| Tabla 62 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 01% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas..... | 167 |
| Tabla 63 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 02% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas..... | 168 |
| Tabla 64 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 03% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas..... | 169 |
| Tabla 65 | Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 04% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas..... | 170 |
| Tabla 66 | Desviación estándar para muestras con cemento portland tipo IP..... | 171 |
| Tabla 67 | Desviación estándar para muestras con cemento portland tipo I. | 172 |
| Tabla 68 | Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo IP y aditivos en 28 días..... | 179 |
| Tabla 69 | Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo I y aditivos en 28 días..... | 179 |



| | | |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 70 | Diferencia en porcentaje de la muestra estudiada con el patrón para cemento portland tipo IP | 180 |
| Tabla 71 | Diferencia en porcentaje de la muestra estudiada con el patrón para cemento portland tipo I..... | 181 |
| Tabla 72 | Análisis de costo unitario para concreto $f_c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo IP sin aditivos. | 182 |
| Tabla 73 | Análisis de costo unitario para concreto $f_c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 1% a base de cloruro de calcio. | 183 |
| Tabla 74 | Análisis de costo unitario para concreto $f_c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 2% a base de cloruro de calcio. | 184 |
| Tabla 75 | Análisis de costo unitario para concreto $f_c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 3% a base de cloruro de calcio. | 185 |
| Tabla 76 | Análisis de costo unitario para concreto $f_c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 4% a base de cloruro de calcio. | 186 |
| Tabla 77 | Análisis de costo unitario para concreto $f_c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 1% a base de sales alcalinas..... | 187 |
| Tabla 78 | Análisis de costo unitario para concreto $f_c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 2% a base de sales alcalinas..... | 188 |
| Tabla 79 | Análisis de costo unitario para concreto $f_c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 3% a base de sales alcalinas..... | 189 |
| Tabla 80 | Análisis de costo unitario para concreto $f_c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 4% a base de sales alcalinas..... | 190 |
| Tabla 81 | Análisis de costo unitario para concreto $f_c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo I, sin aditivos. | 191 |



| | | |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 82 | Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 1% a base de cloruro de calcio..... | 192 |
| Tabla 83 | Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 2% a base de cloruro de calcio..... | 193 |
| Tabla 84 | Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 3% a base de cloruro de calcio..... | 194 |
| Tabla 85 | Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 4% a base de cloruro de calcio..... | 195 |
| Tabla 86 | Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 1% a base de sales alcalinas..... | 196 |
| Tabla 87 | Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 2% a base de sales alcalinas..... | 197 |
| Tabla 88 | Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 3% a base de sales alcalinas..... | 198 |
| Tabla 89 | Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm ² , con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 4% a base de sales alcalinas..... | 199 |
| Tabla 90 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP sin aditivo..... | 202 |
| Tabla 91 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 01% aditivo a base de cloruro de calcio..... | 203 |
| Tabla 92 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 02% aditivo a base de cloruro de calcio..... | 204 |
| Tabla 93 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 03% aditivo a base de cloruro de calcio..... | 205 |
| Tabla 94 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 04% aditivo a base de cloruro de calcio..... | 206 |



| | | |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 95 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 01% aditivo a base de sales alcalinas..... | 207 |
| Tabla 96 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 02% aditivo a base de sales alcalinas..... | 208 |
| Tabla 97 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 03% aditivo a base de sales alcalinas..... | 209 |
| Tabla 98 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 04% aditivo a base de sales alcalinas..... | 210 |
| Tabla 99 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I sin aditivo | 211 |
| Tabla 100 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 01% aditivo a base de cloruro de calcio..... | 212 |
| Tabla 101 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 02% aditivo a base de cloruro de calcio..... | 213 |
| Tabla 102 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 03% aditivo a base de cloruro de calcio..... | 214 |
| Tabla 103 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 04% aditivo a base de cloruro de calcio..... | 215 |
| Tabla 104 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 01% aditivo a base de sales alcalinas..... | 216 |
| Tabla 105 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 02% aditivo a base de sales alcalinas..... | 217 |
| Tabla 106 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 03% aditivo a base de sales alcalinas..... | 218 |
| Tabla 107 | Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 04% aditivo a base de sales alcalinas..... | 219 |
| Tabla 108 | Análisis de Varianza ANOVA con muestras de cemento portland tipo IP con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 7 días | 220 |
| Tabla 109 | Prueba post hoc de Tukey con muestras de cemento portland tipo IP con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 7 días | 221 |



| | | |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 110 | Análisis de Varianza ANOVA con muestras de cemento portland tipo IP con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 14 días | 223 |
| Tabla 111 | Prueba post hoc de Tukey con muestras de cemento portland tipo IP con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 14 días | 224 |
| Tabla 112 | Análisis de Varianza ANOVA con muestras de cemento portland tipo IP con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 28 días | 226 |
| Tabla 113 | Prueba post hoc de Tukey con muestras de cemento portland tipo Ip con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 28 días | 227 |
| Tabla 114 | Análisis de Varianza ANOVA con muestras de cemento portland tipo I con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 7 días | 229 |
| Tabla 115 | Prueba post hoc de Tukey con muestras de cemento portland tipo I con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 7 días | 230 |
| Tabla 116 | Análisis de Varianza ANOVA con muestras de cemento portland tipo I con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 14 días | 232 |
| Tabla 117 | Prueba post hoc de Tukey con muestras de cemento portland tipo I con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 14 días | 233 |
| Tabla 118 | Análisis de Varianza ANOVA con muestras de cemento portland tipo I con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 28 días | 235 |
| Tabla 119 | Prueba post hoc de Tukey con muestras de cemento portland tipo I con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 28 días | 236 |



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

| | |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| a/c: | Relación agua-cemento |
| f'c: | Resistencia a la compresión específica de concreto en kg/cm ² . |
| f'cr: | Resistencia a la compresión del concreto promedio requerida en kg/cm ² . |
| TM: | Tamaño máximo del agregado |
| TMN: | Tamaño máximo nominal del agregado |
| Mg: | Modulo de fineza del agregado grueso |
| Mf: | Modulo de fineza del agregado fino |
| ACI: | American Concrete Institute |
| ASTM: | American Society of Testing Materials. |
| NTP: | Norma Técnica Peruana. |
| ai: | Coefficiente de Shapiro Wilk. |
| b: | Sumatoria de factores Shapiro Wilk. |
| Wc: | Estadístico de prueba de Shapiro Wilk. |
| Wt: | Estadístico de tabla de Shapiro Wilk. |
| u: | Media aritmética. |
| S ² : | Varianza. |
| σ : | Desviación estándar. |
| H ₀ : | Hipótesis nula. |
| H _a : | Hipótesis alternativa. |
| α : | Nivel de significancia. |
| gl: | Grado de libertad. |



| | |
|-------|-----------------------------------------------------------|
| SSS: | Saturado Superficialmente Seco |
| C3A: | Silicato tricálcico |
| C2S: | Silicato dicálcico |
| C3A: | Aluminato tricálcico |
| C4AF: | Ferroaluminato tetracálcico |
| CC: | Aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio. |
| SA: | Aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas. |



RESUMEN

Esta presente investigación tiene como objetivo determinar la influencia de los aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento portland tipo I y IP, Puno – 2024. Aplicando una metodología de investigación de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicado, y diseño cuasiexperimental. Se evaluó la resistencia a la compresión en diferentes edades de 7, 14 y 28 días y los costos, utilizando dos tipos de aditivos de acelerantes de fragua estos son a base de cloruro de calcio, y a base de sales alcalinas, y además dos tipos de cemento portland tipo I y tipo IP, se realizó el diseño del mediante el método de ACI 211 con agregados de Viluyo. Se realizó la elaboración de 162 especímenes cilíndricos de concreto, con dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4% de aditivo acelerante de fragua para los cementos portland tipo I y IP. Se concluye que los aditivos acelerantes de fragua estudiados influyen en la disminuyen de la resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo IP, siendo económicamente no viables su uso; por otro lado en el concreto con cemento portland tipo I, los aditivos influyeron en el aumento de la resistencia a la compresión a diferentes edades, hallando que el aditivo acelerante de fragua a base de cloruro es más efectivo que el aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, siendo económicamente viable su uso, en cuestiones económicas con 01% de dosificación es suficiente para cumplir la resistencia a la compresión de diseño de $f'c=210$ kg/cm² a los 7 días, aumento su costo un 5.77% con respecto al patrón.

Palabras Clave: Aditivos acelerantes, cloruro de calcio, sales alcalinas.



ABSTRACT

This present investigation aims to determine the influence of setting accelerator additives with calcium chloride and alkaline salts on the compressive strength of concrete $f'c = 210$ kg / cm² with Portland cement type I and IP, Puno - 2024. Applying a research methodology with a quantitative approach, applied type, explained level, and quasi-experimental. The compressive strength was evaluated at different ages of 7, 14 and 28 days and the costs, using two types of setting accelerator additives, these are based on calcium chloride, and based on alkaline salts, and also two types of Portland cement type I and type IP, the design was carried out using the ACI 211 method with Viluyo aggregates. The elaboration of 162 cylindrical concrete specimens was carried out, with dosages of 1%, 2%, 3% and 4% of setting accelerator additive for Portland cement type I and IP. It is concluded that the studied setting accelerator additives influence the decrease in the compressive strength of concrete with Portland cement type IP, being economically unviable their use; on the other hand, in concrete with Portland cement type I, the additives influenced the increase in compressive strength at different ages, finding that the chloride-based setting accelerator additive is more effective than the alkaline salt-based setting accelerator additive, being economically viable its use, in economic matters with 01% dosage is sufficient to meet the design compressive strength of $f'c = 210$ kg / cm² at 7 days, its cost increased by 5.77% with respect to the pattern.

Keywords: Accelerating additives, calcium chloride, alkaline salts.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El concreto es uno de los materiales más fundamentales para la construcción, siendo su característica más relevante la resistencia a la compresión, en la ciudad de Puno tiene temperaturas bajas para ello es necesario el uso de aditivos para la elaboración del concreto, uno de los aditivos que es necesario para garantizar la resistencia a la compresión del concreto es el aditivo acelerante de fragua, que abunda en el mercado puneño.

En el Perú, existe mucha diversidad climatológica, por ende, el proceso constructivo de cada rincón del país, es muy distinta, necesitando el uso de aditivos para el concreto, con el fin de solucionar el problema de cada lugar.

En Puno existe en el mercado la venta de diversas marcas de cemento, existiendo un desconocimiento de las características exactas de cada tipo de cemento y en especial de la población de bajos recursos (Aragón, 2021); siendo comercializado en el mercado puneño los cementos tipo IP de la marcas Yura, Cbb, Miskhy y por otro lado el cemento tipo I que venía siendo distribuido por la marca Wari, existiendo en la actualidad problemas en dicha marca para el abastecimiento, en el mercado peruano existen muchas marcas que fabrican el cemento portland tipo I como son Sol, Inka, Pacasmayo, Cemex y Andino, pronosticando el ingreso de nuevas marcas a Puno, existe la probabilidad que se siga usando ese tipo de cemento nuevamente en la ciudad de Puno.

Existe diferente desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto referente al cemento tipo Ip y tipo I, a los 7, 14 y 28 días, existiendo una marcada diferencia de



resistencia a las diferentes edades frente a estos dos tipos de cemento en la ciudad de Puno, para un diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (Aragón, 2021). Existiendo esta característica del clima en Puno, en la construcción de las viviendas y edificaciones de la ciudad de Puno, se tiene la necesidad del uso de aditivos acelerantes de fragua, se ha visto en diversas investigaciones nacionales el uso efectivos de tales compuestos con fines de acelerar el tiempo de fraguado y desencofrado temprano de elementos estructurales, en distintos climas, y además que las fichas técnicas de dichos productos exponen un rango de uso común del 1% al 4%, recomendando estudios previos según tipo de cemento y clima, para hallar la dosificación adecuada, en tal referencia es necesario analizar dichos aditivos en diferentes proporciones, analizando la dosificación en nuestra ciudad de Puno.

Así como existe variedad de cemento portland, en el mercado existen diversos aditivos acelerantes de fragua, cada uno con distinta composición, en este estudio se analizó los aditivos compuestos por cloruro calcio y sales alcalinas, estas normadas por el ASTM 494 Tipo C, teniendo las características de acelerar el tiempo de fraguado y adelantar la resistencia a la compresión a menores edades. Al existir diversos tipos de aditivos acelerantes de fragua en el mercado, existe mayor desconocimiento de muchos profesionales de cual aditivo es más efectivo para su tipo de cemento y en qué proporción.

En este contexto en la industria de la construcción se busca proporcionar información necesaria para estos dos tipos de cemento, en la ciudad de Puno, con el fin de mejorar los procesos de calidad del concreto y los tiempos de construcción.



1.2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Problema general

¿De qué manera influye los aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento portland tipo I y IP, Puno – 2024?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es la resistencia máxima a la compresión en 7, 14, y 28 días, con aditivos acelerante de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento portland tipo I y IP, Puno – 2024?

¿Cuál tipo de aditivo acelerante de fragua tiene mejor efecto en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento portland tipo I, Puno – 2024?

¿Cuál tipo de aditivo acelerante de fragua tiene mejor efecto en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento portland tipo IP, Puno – 2024?

¿Cuáles son las diferencias en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² para cada tipo de cemento portland, usando acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, Puno - 2024?

¿Cuánto aumenta el costo por m³ y si este es viable económicamente para un concreto $f'c=210$ kg/cm² usando los dos tipos de aditivos acelerantes de fragua con cada tipo de cemento portland, en la ciudad de Puno - 2024?



1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

El uso de aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio o sales alcalinas influyen significativamente en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con portland tipo I y IP, en la ciudad de Puno – 2024.

1.3.2. Hipótesis Especifica

El uso de aditivos acelerantes con cloruro de calcio y sales alcalinas, aumenta significativamente la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento portland tipo I y IP, Puno – 2024.

El aditivo acelerante de fragua de cloruro de calcio tiene mejor efecto en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento portland tipo I, Puno – 2024.

El aditivo acelerante de fragua de cloruro de calcio tiene mejor efecto en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento portland tipo IP, Puno – 2024.

Al determinar las diferencias en la resistencia a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm² usando los dos tipos de acelerante de fragua, con cemento portland tipo I existen diferencias en el desarrollo de la resistencia comparado con cemento portland tipo IP, Puno – 2024.



El uso de aditivos acelerantes de fragua es viable económicamente por el poco incremento menor al 35% por metro cubico de un concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cemento portland tipo I o tipo IP, en la ciudad de Puno – 2024.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia de los aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento portland tipo I y IP, Puno – 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar la resistencia máxima a la compresión en 7, 14, y 28 días, con aditivos acelerante de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento portland tipo I y IP, Puno – 2024.

Determinar cuál tipo de aditivo acelerante de fragua tiene mejor efecto en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento portland tipo I, Puno – 2024.

Determinar cuál tipo de aditivo acelerante de fragua tuvo mejor efecto en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento portland tipo IP, Puno – 2024.

Determinar las diferencias en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² para cada tipo de cemento portland, usando acelerantes de fragua compuestos de cloruro de calcio y mezcla de sales alcalinas, Puno – 2024.



Determinar el aumento del costo por m³ y si este es viable económicamente para un concreto $f^c=210$ kg/cm² usando los dos tipos de aditivos acelerantes de fragua con cada tipo de cemento portland, en la ciudad de Puno - 2024.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Solís et. al. (2022), en su estudio tiene como objetivo es la medición de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido estos analizados con dos tipos de aditivos acelerantes con compuestos diferentes, incluyendo cloruro de calcio y en el otro no incluye cloruro de calcio, de los materiales se usó agregados áridos calizos del norte de la Península de Yucatán - México, con tipo de cemento CPC 30R que es equivalente al cemento portland tipo I, se usó un diseño de concreto de relación de $a/c= 0.50$ y $a/c=0.70$, con cantidades de aditivos acelerantes con valores de 0.50%, 1.0%, y 1.50%, estos para los dos tipos de acelerantes, se realizó los ensayos de resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días, el curado realizado fue mediante la inmersión de piscina, y de forma natural, con un tipo de clima promedio anual de 26 °C. Resultando que el aditivo acelerador con cloruro de calcio es más efectivo que el aditivo sin cloruro de calcio.

Castellón y De la Ossa (2013), en su investigación tiene como objetivo analizar 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 1/2" y arena natural. Se realizó en la ciudad de Cartagena de indias, del país de Colombia, con un diseño para 4000 psi de resistencia a la compresión, haciendo uso de cementos portland tipo I marca



Cementos Argos S.A. y tipo III de marca Cemex Colombia S.A., agregado fino de arena de Rutinet, y triturado calizo de cimaco de T.M. 1/2", el aditivo acelerante es de marca Accelguard 25 en una dosificación del 2%, y aditivo retardante Eucon 37 en 2% del peso del cemento, ensayando a resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. Resultando para los 7 días, para cemento tipo I en categorías sin aditivo, aditivo acelerante, aditivo retardante se obtiene que 2751, 3346.50, 3162.50 psi, a los 14 días 3001.50, 3586, 2905.50 psi, y a los 28 días 2935, 3835, 2415 psi; y para cemento tipo III en categorías sin aditivo, aditivo acelerante, aditivo retardante a los 7 días se obtiene 3917.50, 4712.50, 4085 psi, a los 14 días 4321.50, 5171, 4408 psi, y a los 28 días 4230.50, 4826.50, 4019.50 psi. Concluyendo que cada tipo de cemento actúa de diferente forma ya sea por la composición, y de tal forma el uso correcto de los aditivos en dosificaciones en cantidades menores o mayores pueden producir resultados no deseados.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Vela (2023), en su investigación tiene como objetivo analizar los tipos de cementos Pórtland Tipo I y como influyen en las propiedades físico-mecánicas del concreto en el distrito de Panao – Huánuco – 2022. Con una metodología de investigación de enfoque cuantitativo, nivel explicativo, y diseño experimental. Obteniendo resultados de resistencia a la compresión del concreto con los cementos portland tipo I a las edades de 7, 14, 21 y 28 días, se obtiene que para el cemento Sol valores de 251.36, 276.54, 355.58, 390.43 kg/cm² respectivamente; para el cemento Andino valores de 251.79, 276.18, 355.74, 389.29 kg/cm² respectivamente; para el cemento Apu valores de 261.10, 252.18, 316.86, 382.26 kg/cm² respectivamente; y para el cemento Quisqueya valores de 327.40, 363.58; 387.61, 389.65 kg/cm² respectivamente. Concluyendo que el cemento Sol tiene



una mejor respuesta a la resistencia a la compresión y flexión; sin embargo, el cemento Apu mostro menores resultados con respecto a la resistencia a la compresión y flexión.

Molina (2022), en su investigación tiene como objetivo evaluar cómo influye los cementos Yura IP y Sol en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, Apurímac - 2022. La metodología usada es de tipo aplicada, diseño experimental, nivel explicativo y enfoque cuantitativo. Esta evaluada en pruebas de compresión, tracción y flexión a los 7, 14 y 28 días de edad para tipo de diseño que fue realizado por el método ACI. Los resultados muestran que a los 28 días para un diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, el concreto con cemento tipo portland IP (Yura) alcanza 180.10 kg/cm^2 y el cemento portland tipo I (Sol) alcanza una resistencia de 332.60 kg/cm^2 y para un diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días, el concreto con cemento portland tipo IP (Yura) alcanza 235.70 , y el cemento portland tipo I (Sol) alcanza 405.90 kg/cm^2 , concluyendo que el cemento portland tipo I (Sol) tiene un mayor rendimiento comparado con el cemento portland tipo IP (Yura), ya que en la resistencia a la compresión tiene un rendimiento mayor de 95.97%, en la resistencia a la tracción en 54.50% y a flexión en 41.70%.

Cachay (2021), en su investigación tiene como objetivo determinar la variación de las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto patrón, empleando para ello un aditivo acelerante de resistencia en diferentes proporciones y modificando la relación agua/cemento. Se realizo muestras de concreto con cemento portland tipo I, con relación agua/cemento 0.45, 0.55, 0.65 con dosificaciones de aditivo acelerante de fragua en valores de 1.20% y 2.40%. Teniendo resultado de resistencia a la compresión de patrones de diseño de



relación agua/cemento 0.45, 0.55 y 0.65 un valor de 393.39, 297.64, 221.81 kg/cm². Concluyendo que para la relación a/c de 0.45, la resistencia a la compresión en los diferentes diseños se incrementó en 6.01 % y 8.82% a los 3 y 7 días respectivamente, y a los 28 días se redujo hasta en un 15.18%; para la relación a/c de 0.55, la resistencia a la compresión en los diferentes diseños se incrementó en 6.56% y 6.07% a los 3 y 7 días respectivamente, y a los 28 días se redujo hasta en un 12.72 %, y para la relación a/c de 0.65, la resistencia a la compresión en los diferentes diseños se incrementó en 20.53% y 5.95% a los 3 y 7 días respectivamente, y a los 28 días se redujo hasta en un 7.92 %.

Bautista (2019), en su investigación tiene como objetivo determinar la influencia del porcentaje de aditivo acelerante, sobre la resistencia a la compresión en la elaboración de un concreto de rápido fraguado en la ciudad de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión y región Pasco. Con una metodología de investigación de carácter descriptiva, naturaleza cuantitativa, y nivel descriptivo. Se realizó en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, elaborando 27 muestras con aditivos acelerantes sika 3 y chema 3 en dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4%, en concreto con cemento portland tipo I de marca Andino y agregados de la cantera del distrito de Yanahuanca. Se obtuvieron los resultados del ensayo a la compresión a los 7 días de un diseño $f'c=210$ kg/cm², con dosificaciones 0%, 1%, 2%, 3% y 4%, en caso del aditivo acelerante sika 3 es 164.05, 174.97, 185.10, 196.11, y 209.48 kg/cm² respectivamente; para el aditivo acelerante chema 3 es 164.05, 174.99, 179.52, 189.78 y 205.58 kg/cm². Concluyendo que en el uso de los dos aditivos, se llega a la máxima resistencia a la compresión cuando presenta 4% de aditivo.



Santillán (2019) en su investigación tiene como objetivo determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ con aditivo chema 3 utilizando cemento pacasmayo tipo I y cemento inka ultra resistente tipo ICo. Se realizó el diseño de mezclas mediante el método de módulo de finura de la combinación de agregados, estos elaborados en Cajamarca, con cemento portland tipo I marca pacasmayo y tipo ICo marca inka ultra resistente, con agregados de la cantera la Banda, se realizaron 240 especímenes en total, estos evaluados con aditivos chema 3 en proporciones de 500, 750 y 1000 ml/bolsa de cemento. En el ensayo de resistencia a la compresión se obtuvieron los resultados de muestra patrón, 500 ml, 750 ml y 1000 ml/bolsa para cemento tipo I para 7 días son 220.69, 253.89, 276.75, y 269.03 kg/cm^2 ; para 14 días 257.21, 290.52, 333.57, y 316.85 kg/cm^2 ; y para 28 días 305.79, 331.09, 370.39, y 356.71 kg/cm^2 respectivamente; en el caso del cemento tipo Ico se obtuvieron a los 7 días 208.63, 241.86, 261.67, 253.18 kg/cm^2 ; para 14 días 243.36, 267.18, 310.16, y 296.90 kg/cm^2 ; y para 28 días 293.75, 314.84, 348.60, y 333.10 kg/cm^2 . Concluyendo que un mejor incremento a la resistencia a la compresión con dosificación de 750 ml/bolsa.

Nina y Condori (2018), en su investigación tiene como objetivo determinar el aditivo acelerante de fragua y endurecimiento que presente mayor efectividad en el incremento de la resistencia a la compresión a edades tempranas a los 3, 7 y 14 días, usando cemento Portland tipo IP, para un concreto con un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Tacna. Con una metodología de investigación tipo explicativo. Se utilizaron aditivos Chema 3, Chema Struct y Sikarapid-1, cemento portland tipo IP marca Yura, cantera Arunta, para el diseño se utilizó el método ACI-211, y estos especímenes fueron elaborados en la ciudad de Tacna, ensayando a los 3, 7 y 14 al ensayo de resistencia a la compresión. Como resultado al ensayo a la



compresión se obtuvieron a los 3 días en relación sin aditivo, sikarapid-1, chema 3 y chema struct de 144.348, 168.276, 152.198, y 190.735 kg/cm²; a los 7 días en la misma relación se tienen 189.664, 212.716, 195.866, y 207.67 kg/cm², a los 14 días en la misma relación se tienen 225.972, 235.658, 218.271 y 239.512 kg/cm², concluyendo que el aditivo con mayor efectiva es el chema struct y el menos efectivo es el chema 3.

Vicente (2016), en su investigación tiene como objetivo determinar las diferencias en la resistencia a la compresión de los concretos por efecto de la utilización de los diferentes tipos de cementos de mayor comercialización en la ciudad de Tacna, 2016. Para ello se realizaron 180 pruebas, de acuerdo al diseño de mezclas ACI-Comité 211 y el método Walker, los cementos portland utilizados son los cementos portland tipo I (Sol), tipo HE (Yura), y tipo IP (Yura). Como resultado a los 28 días con diseño de mezclas ACI para un $f'c=210$ kg/cm², se obtiene para los cementos portland tipo I, HE y IP tienen 356.67, 360.14 y 252 kg/cm² respectivamente, y el diseño de mezclas por Walker para los cementos portland tipo I, HE y IP tienen 408.10, 425.95, 271.81 kg/cm² respectivamente, concluyendo que los cementos portland tipo I y He alcanzan resistencia superiores en comparación del cemento portland tipo IP.

Ponce (2016), en su investigación tiene como objetivo determinar 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. Se utilizaron aditivos acelerantes Sika 3, Sika 5, Chema 5 y Chema struct en sus dosificaciones mínimas, media y máxima, realizando 123 testigos de concreto, se utilizaron agregados Vicho, Huambutio y Cunyac, elaborados con cemento tipo IP de marca Yura. Resultando en el caso de aditivo



Sika 5 y Chema Struct en cualquiera de sus dosificaciones incrementa la resistencia a la compresión a los 3,7 y 14 días; en el caso del chema 5 en una proporción máxima a los 14 días existe una disminución de la resistencia a la compresión de 40.45 kg/cm²; y en el caso del sika 3 en una dosificación mínima disminuye la resistencia a los 14 días de 7.35 kg/cm², en proporción media disminuye 13.93 kg/cm², en dosificación máxima disminuye a los 7 días 34.82 kg/cm², y a los 14 disminuye 80.92 kg/cm², en el tema de costos unitarios en el concreto el más económico es con Sika 5, y el más costo es con uso del Sika 3.

2.1.3. Antecedentes Locales

Arenas (2022) en su investigación tiene como objetivo determinar cómo los acelerantes de fragua y resistencia Sikacem y Chema 3 influyen en las propiedades mecánicas de compresión y tracción del concreto convencional $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. Realizo el diseño de mezclas mediante el método ACI-211, elaborados los especímenes de concreto en la ciudad de Azángaro, estas muestras están elaboradas con cemento frontera tipo IP y agregados del río Azángaro, se ensayó testigos a resistencia a la compresión y tracción con 54 muestras para cada ensayo, estos fueron sometidos a los 7 y 28 días, con aditivos acelerantes de fragua y resistencia Sikacem y chema 3 en proporciones de 1%, 2%, 3% y 4% del peso del cemento. Resultando que para dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4%, en caso del aditivo Sikacem se tiene que a los 7 días incrementa su resistencia en 14.67%, 19.35%, 27.04% y 16.85% y a los 28 días incrementa 9.09%, 13.20%, 17.84% y 8.90% con referencia a la resistencia patrón; y en el caso del Chema 3 se tiene que a los 7 días incrementa su resistencia en 14.81%, 22.98%, 30.15% y 15.11% y a los 28 días incrementa 14.63%, 21.64%, 25.12% y 10.86% con referencia a la resistencia patrón. Concluyendo que el aditivo acelerante de fragua Chema 3,



influye favorablemente a las propiedades mecánicas del concreto, obteniendo un incremento máximo al 4% de dosificación.

Aragón (2021), en su investigación tiene como objetivo efectuar un análisis comparativo de la resistencia a compresión versus la edad y el costo por metro cúbico, de los concreto normales $f'c=210$ kg/cm², elaborados con las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno. Con una metodología de investigación de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo-correlacional-explicativo, y diseño no experimental. Se realizó el diseño del concreto para una $f'c=210$ kg/cm² mediante método de ACI y Walker, con cementos portland tipo IP de marcas Frontera y Rumi, y cementos portland tipo I de marcas Yura y Wari, utilizando la cantera de Viluyo. Evaluando la resistencia a la compresión para concreto diseñados mediante método ACI a los 7, 14 y 28 días obteniendo para el cemento portland tipo IP – Frontera un valor de 144, 182, 211 kg/cm²; para el cemento portland tipo IP – Rumi un valor de 192, 233, 272 kg/cm²; para el cemento portland tipo I – Yura un valor de 317, 383, 402 kg/cm², y para el cemento portland tipo I – Wari un valor de 301, 359, 432 kg/cm²; en el caso de la resistencia a la compresión para concreto diseñados mediante método Walker a los 7, 14 y 28 días obteniendo para el cemento portland tipo IP – Frontera un valor de 129, 171, 201 kg/cm²; para el cemento portland tipo IP – Rumi un valor de 159, 190, 225 kg/cm²; para el cemento portland tipo I – Yura un valor de 284, 291, 388 kg/cm², y para el cemento portland tipo I – Wari un valor de 237, 318, 404 kg/cm². Concluyendo que el cemento portland tipo I obtiene mejores resistencias a la compresión en comparación del cemento portland tipo IP.



2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Concreto

El concreto es un material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes (Pasquel, 1998).

2.2.2. Cemento Portland

2.2.2.1. Definición de cemento portland

El cemento portland es producido mediante la pulverización del clinker compuesto fundamental de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene normalmente sulfato de calcio y ocasionalmente caliza como adición en la molienda (NTP 334.009, 2020).

2.2.2.2. Composición química del cemento portland

El cemento portland, este compuesto por cuatro compuesto que son el 90% a 95% del peso del cemento portland; siendo el 5% al 10% la adición de yeso (Abanto, 2009).

- **Silicato tricálcico (C3S).** Este compuesto define la resistencia inicial en los primeros 7 días, y tiene mucha importancia en el calor de hidratación (Pasquel, 1998).
- **Silicato dicálcico (C2S).** Este compuesto es el causante principal de la resistencia posterior (después de los 7 días) de la pasta de cemento (Abanto, 2009).



- **Aluminato tricálcico (C3A).** Este compuesto actúa con los silicatos condiciona al fraguado agresivo actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en proceso para lograr controlarlo, además es encargado de la resistencia del cemento a los sulfatos. (Pasquel, 1998).
- **Aluminoferrita tricálcica. (C4AF).** Este compuesto es semejante al C3A, porque se hidrata con prontitud y solo desarrolla una baja resistencia (Abanto, 2009).

2.2.2.3. Hidratación de la pasta del cemento portland

Según Neville (1999), la reacción mediante el cual el cemento portland se transforma en un agente de enlace, se produce en una pasta de cemento y agua, en otras palabras, los aluminatos y silicatos (C3S, C2S, C3A, C4AF) en presencia del agua, forman productos de hidratación que, con el paso del tiempo, producen una masa firme y dura que se conoce pasta de cemento hidratada.

Cuando el cemento portland es dispersado en el agua, el sulfato de calcio, y los componentes de calcio a alta temperatura tienden disolverse y la fase líquida se satura rápidamente con varias especies de iones; como resultado de las combinaciones entre iones de calcio, de sulfatos, de aluminatos, y de iones de hidroxilo, a los pocos minutos de la hidratación hacen su aparición los cristales en forma de aguja, de un hidrato de sulfoaluminato de calcio llamado etringita, unas pocas horas después, grandes cristales prismático de hidróxido de calcio, y cristales fibrosos muy pequeños de hidratos de silicato de calcio, comienza a llenar



los espacios vacíos inicialmente ocupados por agua y por las partículas de cemento en solución, después de algunos días, dependiendo de la relación alumina-sulfato del cemento portland, la etringita se vuelve inestable se descompone para formar hidrato de monosulfato, que tiene una morfología de placa-hexagonal (Mehta & Monteiro, 1998).

2.2.2.4. Clasificación de los tipos de cementos portland

Se clasifica los cementos portland de la siguiente manera según la normativa vigente para cada una de ellas como:

a. Cementos Portland sin adicciones

Se rige según la NTP 334.009 (2020), que los clasifica de la siguiente manera:

- **Tipo I.** Cemento portland de uso común, en donde no se requiera propiedades especiales.
- **Tipo II.** Cemento portland de uso común de moderada resistencia a los sulfatos.
- **Tipo III.** Cemento portland de alta resistencia inicial.
- **Tipo IV.** Cemento portland diseñado para tener un bajo calor de hidratación.
- **Tipo V.** Cemento portland de alta resistencia a los sulfatos.

b. Cementos hidráulicos adicionados

Se rige según la NTP 334.090 (2020), que los clasifica de la siguiente manera:



- **Tipo IS.** Cemento portland adicionado con escoria de alto horno.
- **Tipo IP.** Cemento portland adicionado con puzolana.
- **Tipo I(PM).** Cemento portland puzolánico modificado.
- **Tipo IL.** Cemento portland adicionado con caliza.
- **Tipo IT.** Cemento portland adicionado ternario.
- **Tipo ICo.** Cemento portland compuesto.

c. **Cementos hidráulicos adicionados**

Se rige según la NTP 334.082 (2020), que los clasifica de la siguiente manera:

- **Tipo GU.** Cemento portland de uso general.
- **Tipo HE.** Cemento portland de alta resistencia inicial
- **Tipo MS.** Cemento portland de resistencia moderada a los sulfatos.
- **Tipo HS.** Cemento portland de alta resistencia a los sulfatos.
- **Tipo MH.** Cemento portland de modera calor de hidratación.
- **Tipo LH.** Cemento portland de bajo calor de hidratación.

2.2.3. Agregados

El agregado es el conjunto de partículas inorgánicas de diferentes orígenes sea artificial o naturales cuyas dimensiones están comprendidas dentro del límites (Torre, 2004), conformado el 65% al 80% del volumen de concreto por unidad de metro cúbico (Rivva, 2000). Según Torre (2004) se tiene las siguientes definiciones que son de importancia para el agregado:

- **Tamaño máximo (T.M.):** Concierno al menor tamaño del tamiz, por el cual pasa toda la muestra del agregado.



- **Tamaño máximo norma (T.M.N.):** Conciérne al menor tamaño del tamiz, por el cual se produce el primer retenido del agregado.
- **Modulo de fineza:** Metodo que a partir de las granulometrias del agregado se puede intuir una fineza promedio del agregado utilizando la siguiente expresión que fue establecido por Duff Abrams en 1925.

$$M_f = \frac{\sum \% \text{Acum. ret. (} 1 \frac{1}{2}'' , \frac{3}{4}'' , \frac{3}{8}'' , N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50 \text{ y } N^{\circ} 100)}{100}$$

2.2.3.1. Clasificación de agregados

Los agregados se pueden clasificar de la siguiente manera:

a. Por su naturaleza

Según Torre (2004), los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, podemos clasificar los agregados como en agregado grueso, fino y hormigón.

- **El agregado fino:** Se considera piedra natural finamente triturada o a la arena, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz de 9.5 mm (3/8)'' (Abanto, 2009).
- **El agregado grueso:** Se considera aquel que es retenido en el tamiz N° 04, y proviene de la desintegración de rocas, estas pueden clasificarse en piedra chancada y grava (Torre, 2004).
- **Hormigón:** Se considera hormigón a una mezcla natural de arena y grava, este tipo de material se usa para concretos de baja calidad (Abanto, 2009).



b. Por su densidad

Se pueden categorizar en agregados de peso específico normal, que se encuentran en entre valores de 2.50 a 2.75, son ligeros cuando sus pesos específicos son menores a 2.5, y son agregados pesados cuando sus pesos específicos son mayores a 2.75 (Torre, 2004).

c. Por el origen, forma y textura superficial

Por su naturaleza los agregados tienen forma geoméricamente irregular compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angularidades, tenemos formas angulares, sub angulares, sub redondeadas, redondeadas, muy redondeadas; y con respecto a la textura superficial estas puedan ser lisa, áspera, granular, vítrea y cristalina (Torre, 2004).

d. Por el tamaño del agregado

Por el tamaño del agregado se tiene dos clasificaciones que son agregados finos y gruesos (Torre, 2004).

2.2.3.2. Propiedades físicas del agregado

Se pueden definir varias propiedades del agregado, pero detallaremos las más importantes a continuación:

a. Peso Unitario

Se denomina al agregado suelto o compactado, que alcanza un peso en un volumen determinado. Este peso unitario puede ser influenciado por su peso específico, granulometría, perfil y textura superficial, contenido de humedad, grado de compactación de la masa (Rivva, 2000).

b. **Peso específico**

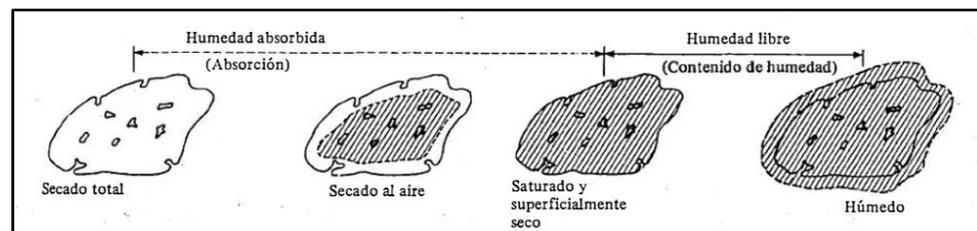
El peso específico del agregado puede expresarse como densidad, el peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que los valores bajos corresponden a agregados absorbentes y débiles (Rivva, 2000).

c. **Absorción y humedad**

En la figura 1, se muestra varios estados de absorción que pueda existir en una partícula de agregado. Cuando los poros permeables están llenos y no hay partícula de agua en la superficie, se dice que está en una condición saturada superficialmente seca (SSS); cuando este agregado está saturado y hay humedad libre en la superficie, este agregado está húmedo; en este caso la capacidad de absorción se define como la cantidad total de humedad requerida para llevar a un agregado de la condición secado al horno a la condición SSS (Mehta & Monteiro, 1998).

Figura 1

Estados de humedad del agregado



Nota: Adaptado de "Tecnología del concreto" de Neville (1999)



d. Granulometría

La granulometría está definida como la distribución de los tamaños de las partículas que constituyen una masa de agregados, determinándose mediante el análisis granulométrico que consiste en dividir una muestra de agregado en fracciones de igual tamaño (Sánchez, 2001).

2.2.3.3. Impurezas orgánicas de los agregados

Los agregados naturales pueden poseer suficiente resistencia y dureza para soportar el desgaste, pero no darán buenos resultados si contienen impurezas orgánicas que interfieren con las reacciones químicas de hidratación; hay más probabilidad de encontrar material orgánico en la arena que en el agregado grueso (Neville, 1999).

2.2.4. Agua para el mezclado del concreto.

Según Pasquel (1998), el agua para el mezclado del concreto, tiene las siguientes funciones:

- Generar una reacción con el cemento para lograr hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad.
- Generar una estructura de vacíos necesaria en la pasta.

El agua para el mezclado del concreto, se rige bajo la norma NTP 339.088 (2019), esta especifica los requisitos necesarios, ver la tabla 1.

Tabla 1

Requisitos para el agua de mezclado

| Descripción | Limite Permissible |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Cloruros (ion Cl-) | |
| 1. En concreto pretensado, tableros de puente, o designados de otra manera. | 500 ppm |
| 2. Otros concreto reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes. | 100 ppm |
| Sulfatos (ion SO ₄) | 3000 ppm |
| Alcalinidad | 600 ppm |
| Solidos en suspensión | 50000 ppm |

Nota: Elaboración propia

2.2.5. Aditivos

Los aditivos son considerados un ingrediente más en el concreto y son empleados para modificar las propiedades de este, con la finalidad de hacer más adecuado a las condiciones de trabajo o por economía (Sánchez, 2001).

2.2.5.1. Tipos de aditivos acelerantes

La ASTM C494 (2019), establece los tipos de aditivos de acelerantes con los propósitos indicados a continuación:

- **Tipo A:** Aditivos reductores de agua.
- **Tipo B:** Aditivos retardadores.
- **Tipo C:** Aditivos aceleradores.
- **Tipo D:** Aditivos reductores de agua y retardadores.
- **Tipo E:** Aditivos reductores de agua y aceleradores.



- **Tipo F:** Aditivos reductores de agua de alto rango.
- **Tipo G:** Aditivos reductores de agua de alto rango y retardadores.
- **Tipo S:** Aditivos de desempeño específico.

2.2.6. Aditivos acelerantes de fragua

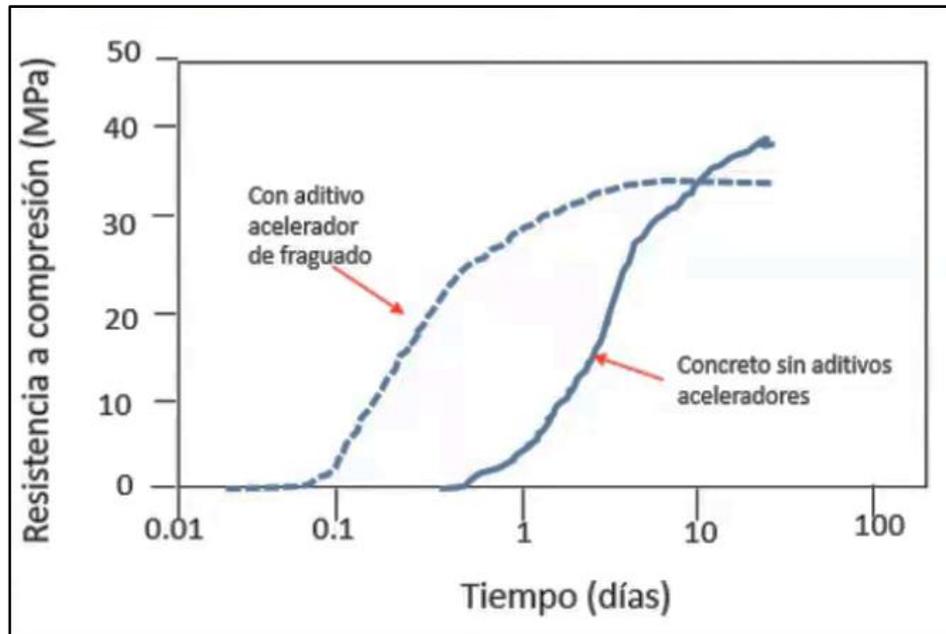
Según Neville (1999), los aditivos acelerantes tienen la función principal de acelerar el desarrollo temprano del concreto, y también puede acelerar el tiempo de fragua del concreto, se emplean comúnmente a bajas temperaturas entre 2° a 4° C; aunque se usan estos aditivos en muy bajas temperaturas, estos aditivos no son agentes anticongelantes, se deberá tomar las precauciones pertinentes.

El mismo aditivo acelerante puede tener diferentes efectos, o aún opuestos, dependiendo del tiempo y condiciones del experimento, así como del volumen y composición del material (Rivva, 2000).

Según Pasquel (1998), una particularidad que se debe tener muy presente en los acelerantes es que, provocan un incremento en la resistencia inicial en comparación de un concreto normal, por lo común producen resistencias menores a 28 días, mientras más acelerantes se emplea para lograr una mayor resistencia inicial, se sacrifica eventualmente la resistencia a largo plazo, como se ve en la figura 2. Además, los concretos con acelerantes pueden provocar una menor resistencia a los sulfatos y son más sensibles a los cambios volumétricos de la temperatura (Pasquel, 1998).

Figura 2

Comportamiento de la resistencia a la compresión con aditivo acelerantes de fragua a diferentes edades



Nota: Adaptado del “Manual de tecnología de aditivos para hormigón” de ACHE (2010)

2.2.6.1. Tipos de aditivos acelerantes de fragua

Podemos dividir dos tipos de acelerantes de fragua, que se detallan a continuación:

a. Aditivo acelerante de fragua con cloruro

El aditivo más conocido es el cloruro de calcio, pero debido a su tendencia de promover la corrosión del acero, su empleo no es recomendado en determinados (Rivva, 2000). Su mecanismo de acción se da reaccionando con el Aluminato Tricálcico (C3A) y actuando como catalizar de silicato tricálcico (C3S) provocando una cristalización más rápida en la forma de cristales fibrosos (Pasquel, 1998).



Estudios efectuados utilizando porcentajes del 1%, 2% y 3% de cloruro de calcio indican que durante el proceso de hidratación inicial un efecto de hidratación máxima se obtiene con un porcentaje del 3.5%; sin embargo, no ocurre una correspondiente ganancia en la resistencia, de hecho, la experiencia de laboratorio indica que para dicho porcentaje ocurren los menores valores de desarrollo de resistencia (Rivva, 2000).

El aditivo a base de cloruro de calcio, tiene un defecto que es la presencia de iones de cloruro que favorece la corrosión del acero, teniendo problemas en el concreto estructural (Neville, 1999).

b. Aditivos acelerantes de fragua libre de cloruro

Estos pueden ser aditivos que tienen en su composición carbonatados, silicatos, fluorsilicatos e hidróxidos, entre otros compuestos (Pasquel, 1998). Este tipo de aditivo libre de cloruro no son dañinos para la corrosión del acero de refuerzo en el concreto.

2.2.7. Cemento portland tipo I

El cemento portland común o tipo I, es adecuado para la construcción en general cuando no hay exposición de sulfatos en suelos o aguas freáticas, usualmente este compuesto de un 95% a 100% de clinker, y un 0% a 5% de adiciones menores; ver la tabla 2 para los valores típicos de composición del cemento portland tipo I (Neville, 1999).

Tabla 2

Valores típicos de la composición del cemento portland tipo I

| Valores típicos en la composición del cemento portland tipo I (en %) | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|------------------|------------|----------------------------|
| Valor | C3S | C2S | C3A | C4AF | CaSO4 | CaO Libre | MgO | Perdida de ignición |
| Máx. | 67 | 31 | 14 | 12 | 3.4 | 1.5 | 3.8 | 2.3 |
| Min. | 42 | 8 | 5 | 6 | 2.6 | 0.0 | 0.7 | 0.6 |
| Medio | 49 | 25 | 12 | 8 | 2.9 | 0.8 | 2.4 | 1.2 |

Nota: Adaptado de “tecnología del concreto” de Neville (1999).

Según la NTP 334.009 (2020), el cemento portland tipo I debe cumplir con las siguientes especificaciones, ver tabla 3.

Tabla 3

Características según la norma para cemento portland tipo I

| Características | Unidad | Niveles según norma NTP 334.009 |
|---------------------------------------|---------------|----------------------------------------|
| Características químicas | | |
| Óxido de magnesio (MgO) | % | Máximo 6.0 |
| Trióxido de azufre (SO ₃) | % | Máximo 3.5 |
| Perdida de ignición | % | Máximo 3.5 |
| Residuo insoluble | % | Máximo 1.5 |
| Características físicas | | |
| Expansión autoclave | % | Máximo 0.80 |
| Tiempo de fragua inicial Vicat | min | 45 a 375 min |
| Contenido de aire | % | Máximo 12 |

Nota: Adaptado de la NTP 334.009 (2020)

2.2.8. Cemento portland tipo IP

Las puzolanas, siendo un material hidráulico latente, se usan siempre en conjunto con el cemento portland, mezclándolo, este tipo de cemento tiene baja resistencia a los 7 días y una baja resistencia a los 28 días, la principal ventaja que tiene es la baja rapidez de desarrollo del calor, además que tiene ciertas características al ataque de sulfatos y ácidos débiles. (Neville, 1999)

El cemento portland tipo IP contiene entre 15% a 40% de puzolana del peso total, además de tener mucho cuidado con la composición de la puzolana, ya que ser muy sensible a variaciones de temperatura en el proceso de curado. (Pasquel , 1998).

Según Neville (1999), define a la puzolana como material silíceo y aluminoso el cual, en sí mismo no posee ningún tipo de valor cementante, pero en forma finamente dividida y en presencia de la humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos cementantes.

Según la NTP 334.090 (2020), el cemento portland tipo IP debe cumplir con las siguientes especificaciones, ver tabla 4.

Tabla 4

Características según la norma para cemento portland tipo IP

| Características | Unidad | Niveles según norma NTP 334.090 |
|---------------------------------------|---------------|----------------------------------------|
| Características químicas | | |
| Óxido de magnesio (MgO) | % | Máximo 6.0 |
| Trióxido de azufre (SO ₃) | % | Máximo 4.0 |
| Perdida de ignición | % | Máximo 5.0 |
| Características físicas | | |
| Contracción/Expansión en autoclave | % | -0.20 a 0.80 |
| Tiempo de fragua inicial Vicat | min | 45 a 420 min |
| Contenido de aire | % | Máximo 12 |

Nota: Adaptado de la NTP 334.090 (2020)

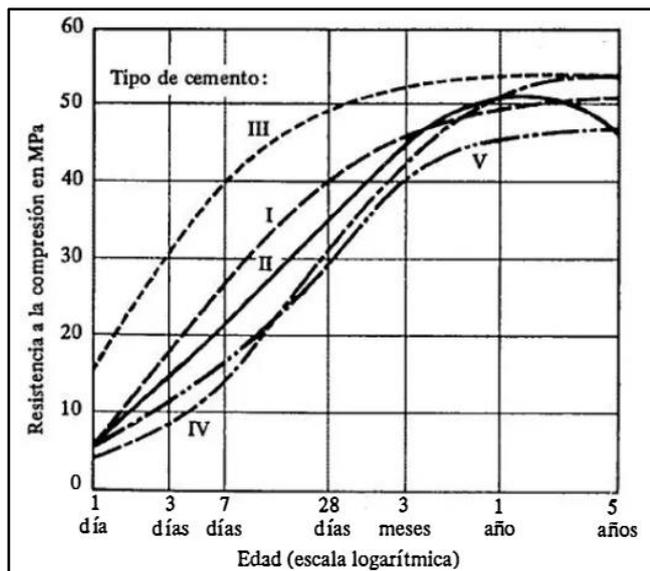
2.2.9. Desarrollo de la resistencia de diferentes tipos de cemento portland

Según Neville (1999), muchos cementos se han desarrollado para asegurar buena durabilidad del concreto sujeto a una variedad de condiciones, sin embargo

no ha sido posible encontrar en la composición del cemento una respuesta completa al problema de durabilidad del concreto, a continuación en la figura 301, se muestra la rapidez de desarrollo de resistencia de concretos hechos con diferentes tipos de cemento, viendo algunos casos como el cemento tipo IV, que a los 28 días tiene la resistencia más baja, pero desarrolla la segunda resistencia más alta a la edad de 28 días, esto se debe a la diferencia de porcentajes de composición de C3S, C2S, C3A y C4AF, de cada tipo de cemento.

Figura 3

Desarrollo de la resistencia a la compresión en concretos con relación a/c=0.49 con diferentes cementos

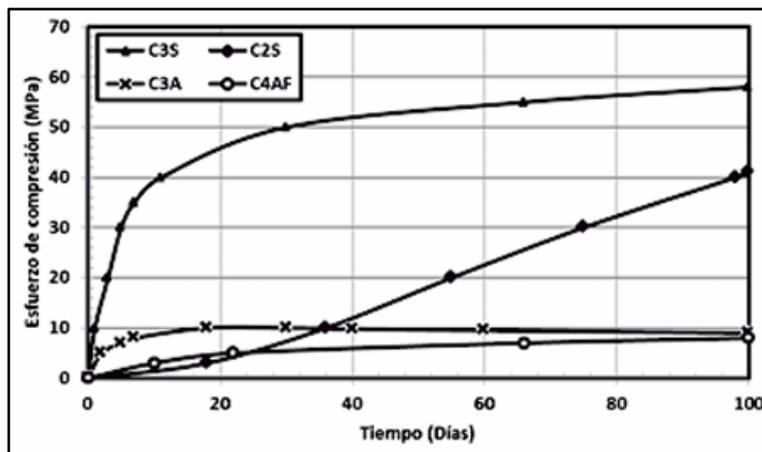


Nota: Adaptado de “tecnología del concreto” de Neville (1999).

Según Matallana (2019), las composiciones del cemento portland que son C3S, C2S, C3A y C4AF actúan de diferente manera en el desarrollo de la resistencia a diferentes edades como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Aporte de resistencia en los compuestos principales del cemento



Nota: Adaptado de “El concreto fundamentos y nuevas tecnologías” de Matallana (2019).

Los cementos portland tipo II, IV, V, IS y IP, a temperatura normal, las velocidades de hidratación y de desarrollo de resistencia a la compresión del concreto son de alguna forma menores que los cemento portland tipo I, en todos los cementos el grado de hidratación posterior a los 90 días es generalmente igual, por lo tanto, la influencia de la composición del cemento en la porosidad matriz y en la resistencia del concreto está limitada a edades tempranas (Mehta & Monteiro, 1998).

2.2.10. Controles del concreto fresco

2.2.10.1. Consistencia del concreto fresco

Según Torre (2004), la consistencia del concreto ayuda a la facilidad para que el concreto pueda ser mezclado, y manipulado. Existiendo mayor trabajabilidad del concreto en el caso de tener más agua, más finos, agregados redondeados y aditivos plastificantes.

2.2.10.2. Temperatura del concreto fresco

Según Matallana (2019), un aspecto importante para el vaciado del concreto es la verificación del concreto, este debe cumplir temperaturas mínimas y máximas, la norma E060 del reglamento nacional de edificaciones recomienda que el concreto no debe exceder los 32°C, y en climas fríos con temperatura ambiente menor a 5°C la temperatura del concreto no debe ser menor a 10°C.

2.2.11. Resistencia a la compresión del concreto

Según Abanto (2009), la resistencia a la compresión es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar. La norma NTP 339.034 (2021) precisa las tolerancias en las edades en al cual debe ser ensayado los especímenes de concreto a la resistencia a la compresión, ver tabla 5.

Tabla 5

Tolerancia permisible para el ensayo de resistencia a la compresión

| Edad de Ensayo | Tolerancia permisible |
|-----------------------|------------------------------|
| 24 horas | ± 0.5 horas |
| 3 días | ± 2 horas |
| 7 días | ± 6 horas |
| 28 días | ± 20 horas |
| 90 días | ± 48 horas |

Nota: Adaptado de la NTP 339.034

Además, la norma ACI-214R-11 (2011), nos brinda los parámetros de desviación de resultados que a continuación se detalla en la tabla 6.

Tabla 6

Control estándar de desviación entre testigos de concreto

| Clase | Desviación para diversos grados de control | | | | |
|-------------------------|--------------------------------------------|-----------|-------|-----------|------------|
| | Excelente | Muy Bueno | Bueno | Aceptable | Deficiente |
| Concreto en obra | Menor a 3 | 3 a 4 | 4 a 5 | 5 a 6 | Mayor a 6 |
| Concreto en laboratorio | Menor a 2 | 2 a 3 | 3 a 4 | 4 a 5 | Mayor a 5 |

Nota: Adaptado de la ACI-214 R

Matallana (2019), para el aseguramiento de la calidad del concreto que se indica en la tabla 6, se realiza el cálculo de la desviación estándar en muestras de concreto con la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\sum \frac{(X_i - u)^2}{n - 1}}$$

- σ : desviación estándar.
- X_i : Resultados individuales de las pruebas.
- u : Promedio aritmético de las pruebas.
- n : número de pruebas.

2.2.12. Costos

2.2.12.1. Presupuesto

Se entiende por presupuesto de una obra, por la determinación previa de la cantidad de dinero necesaria para realizarla, a cuyo fin se tomó base la experiencia adquirida en otras construcciones de índole semejante (Beltrán, 2012).



2.2.12.2. Precios unitarios

Los precios unitarios están compuestos por los costos unitarios directos que son costos que intervienen directamente a una actividad es decir materiales, maquinaria, equipos y mano de obra (Muñoz & Concha, 2007).

2.2.12.3. Mano de Obra

Según Ibáñez (2010), el costo de mano de obra está determinado por categorías:

- Operario
- Oficial
- Peón

El costo de mano de obra es la sumatoria de las disposiciones legales vigentes como jornal básico, leyes sociales, y bonificaciones.

2.2.12.4. Materiales

La cantidad de material se establece de acuerdo a condiciones preestablecidas según el estudio técnico del mismo, y que consideran las publicaciones especializadas o, mejor aún, que elaboran los análisis con registros directos de la obra. Los insumos pueden ser expresados en unidades de comercialización como m³, pie³, bolsa, kg y etc (Ramos, 2015).



2.2.12.5. Maquinaria y equipo

El análisis de planos y especificaciones técnicas permiten determinar el procedimiento constructivo a seguir y, por lo tanto, se puede determinar la maquinaria y el equipo necesario para el desarrollo de la obra en cuestión, esto obliga a determinar costos horarios por la maquinaria y equipo que intervendrán en la obra y que formarán parte del costo directo (Muñoz & Concha, 2007).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Esta investigación se llevó a cabo en la ciudad de Puno de la provincia de Puno, departamento de Puno, encontrándose entre las coordenadas de 13°00'00" a 17°17'30" latitud Sur y 71°06'57" a 68°48'46" de longitud Oeste, se muestra la ubicación geográfica del área de estudio en la figura 5.

Figura 5

Ubicación geográfica del área de estudio



Nota: Recuperado el 26 de noviembre del 2024, de <https://depuno.com/mapas/mapa-departamento-puno/>

3.2. PERIODO Y DURACIÓN DEL ESTUDIO

La presente investigación se realizó entre los meses de julio a octubre del 2024, con una duración de 4 meses.

3.3. MATERIALES

3.3.1. Cemento Portland

En la presente investigación, se utilizó dos tipos de cemento portland; el primer tipo es el cemento portland tipo IP de la marca Yura multipropósito cumpliendo con la normativa NTP 334.090 (2020), el segundo tipo es el cemento portland tipo I de la marca Sol cumpliendo con la normativa NTP – 334.009 (2020); a continuación, en la tabla 7 se detalla las propiedades físicas y químicas de los dos tipos de cemento portland.

En la figura 6, se muestra visualmente de que el cemento portland tipo IP es de un gris claro (lado izquierdo) y el cemento portland es de un gris oscuro (lado derecho), esto debido a que cada cemento portland tiene distinta composición.

Tabla 7

Propiedades físicas y químicas de los cementos portland tipo IP y tipo I

| Características | Unidad | Tipo de cemento portland | |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------|
| | | Tipo IP | Tipo I |
| Características químicas | | | |
| Óxido de magnesio (MgO) | % | 1.5 – 3.0 | 2.9 |
| Trióxido de azufre (SO ₃) | % | 1.5 – 3.0 | 2.8 |
| Perdida de ignición | % | 1.5 – 4.0 | 2.2 |
| Residuo insoluble | % | - | 0.9 |
| Características físicas | | | |
| Densidad | gr/cm ³ | 2.70 – 2.80 | 3.13 |
| Expansión en autoclave | % | -0.09 a 0.05 | 0.09 |
| Tiempo de fragua inicial Vicat | min | 140 a 260 | 129 |
| Contenido de aire | % | 3 a 8 | 7 |
| Fases Mineralógicas | | | |
| C ₂ S | % | - | 12 |
| C ₃ S | % | - | 55 |
| C ₃ A | % | - | 10 |
| C ₄ AF | % | - | 10 |

Nota: Adaptado de las fichas técnicas de los cementos portland Yura multipropósito y Sol (2024).

Figura 6

Muestras visuales del tipo de color para cemento portland tipo IP y tipo I



Nota: Elaboración propia

3.3.2. Aditivos acelerantes de fragua

En la presente investigación, se utilizó dos tipos de aditivos acelerantes de fragua; el primer tipo es el aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio y el segundo tipo es el aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, estos aditivos son de solución líquida, ambos cumpliendo la normativa ASTM 494 Tipo C. En la tabla 8 y 9, se muestra los componentes de los dos tipos de aditivos acelerantes de fragua, y en la tabla 10 se muestra las características de los aditivos acelerantes de fragua. El color de los aditivos estudios se muestra en la figura 7 siendo el del lado izquierdo de la figura el aditivo a base de sales alcalinas y el lado derecho el aditivo a base cloruro de calcio.

Tabla 8*Componentes del aditivo acelerante de fragua a base cloruro de calcio*

| Descripción: Solución acuosa de sales de calcio. | | | | |
|---------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------|
| Componente Peligrosos | Num. CAS | Símbolo de Peligro | Frases R | N° CE |
| Cloruro de calcio | 10043-52-4 | Xi | 36 | 233-140-8 |

Nota: Adaptado de la ficha de seguridad del aditivo Chema 5.

Tabla 9*Componentes del aditivo acelerante de fragua a base sales alcalinas*

| Descripción: Solución acuosa de sales alcalinas | | | | |
|--------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------|
| Componente Peligrosos | Num. CAS | Símbolo de Peligro | Frases R | N° CE |
| Metanoato de sodio | 141-53-7 | Xi, | R36/37/38 | S36/37/39 |
| Dioxonitrato (III) de Sodio | 7632-00-0 | Xi | R8, 25, 50 | S45, 61 |
| -2,2,2-Nitriлотrietanol | 102-71-6 | ---- | R36 | S26 |

Nota: Adaptado de la ficha de seguridad del aditivo Chema 3.

Tabla 10*Características de los aditivos acelerantes de fragua usados.*

| Característica | Tipo de aditivo acelerante de fragua | |
|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|
| | A base de cloruro de calcio | A base de sales alcalinas |
| Aspecto | Líquido | Líquido |
| Olor | - | Inodoro |
| Color | Verde Claro | Amarillo |
| Densidad (Kg/L). | 1.05 ± 0.05 | 1.15 – 1.18 |
| pH | 8.00 – 11.0 | 8.0 – 11.0 |
| VOC (g/L) | 0.00 | 0.00 |

Nota: Adaptado de la ficha técnica de los aditivos Chema 5 y Chema 3.

Figura 7

Muestras visuales de los dos tipos de aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y a base de sales alcalinas



Nota: Elaboración propia

3.3.3. Agregados

En la presenta investigación, los agregados fueron obtenidos de la cantera Viluyo, ubicado en la vía Puno a Moquegua, en el distrito de Pichacani, provincia de Puno, el agregado originalmente fue extraído como hormigón del lecho del rio que visualmente es limpio, ver figura 8. Posteriormente a este hormigón, se procedió a separarlo a mediante el tamiz N° 4, obteniendo agregado grueso y fino por separado.

Figura 8

Extracción de material de cantera de agregados - Viluyo



Nota: Elaboración propia

3.3.4. Agua

Para la presente investigación se utilizó la red de agua que alimenta al laboratorio de Construcciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano.

3.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. Enfoque de la investigación

El enfoque cuantitativo confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población (Borja, 2016).

Esta investigación considera un enfoque de investigación **cuantitativa**, ya que las variables dependientes (Resistencia a la compresión y costos) se miden de forma numérica, basado en el análisis estadístico de los datos obtenidos en laboratorio.



3.4.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación aplicada busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática, está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal (Borja, 2016).

Esta investigación es de tipo **aplicada**, debido a busca conocer nuevos conocimientos referidos problemática del concreto con diferentes tipos de cemento portland y aditivos acelerantes de fragua en la ciudad de Puno.

3.4.3. Nivel de la investigación

El nivel de investigación explicativo se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto (Arias, 2012).

Esta investigación es de nivel explicativo, debido a que podrá responder a las causas del efecto de los aditivos acelerantes de fragua y tipo de cemento portland, en la resistencia a la compresión y costos.

3.4.4. Según el tiempo de Estudio: Transversal

La investigación transversal describe el fenómeno de estudio en un momento determinado del tiempo. No le interesa la evolución del fenómeno (Borja, 2016).

Esta investigación es transversal, debido a que la recolección de datos para la investigación se realizó durante un determinado tiempo en los meses de julio a octubre del 2024.



3.4.5. Diseño de la investigación: Cuasiexperimental

Hernández et al. (2014), los diseños de investigación cuasiexperimentales emplean deliberadamente, sobre al menos una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependiente, en este diseño los sujetos no se asignan al azar a los grupos, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento.

Esta investigación es de diseño cuasiexperimental, debido a que los especímenes de concreto no fueron asignados aleatoriamente, fueron asignados previamente para la investigación; y también las variables independientes tienen un efecto en las variables dependientes de nuestro estudio.

3.4.6. Definición de Variables

3.4.6.1. Variable independiente

a. Tipo de aditivo acelerante de fragua

- **Definición:** Insumos que tienen la función principal de acelerar el desarrollo temprano del concreto, y también puede acelerar el tiempo de fragua del concreto (Neville, 1999).
- **Dimensiones:** Dosificación parcial del aditivo acelerante de fragua.
- **Indicadores:** 01%, 02%, 03% y 04% de dosificación.
- **Instrumentos:** Fichas técnicas, registro y balanza.
- **Escala de medición:** Porcentaje.



b. Tipo de cemento portland

- **Definición:** El cemento portland es producido mediante la pulverización del clinker compuesto fundamental de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene normalmente sulfato de calcio y ocasionalmente caliza como adición en la molienda (NTP 334.009, 2020).
- **Dimensiones:** Clasificación según características.
- **Indicadores:** Tipo de cemento portland tipo IP y tipo I.
- **Instrumentos:** Fichas técnicas y las normas.
- **Escala de medición:** Nominal

3.4.6.2. Variable dependiente

a. Resistencia a la compresión del concreto

- **Definición:** Es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar (Abanto, 2019).
- **Dimensiones:** Comportamiento a mecánico del concreto.
- **Indicadores:** Resistencia a la compresión (kg/cm²).
- **Instrumentos:** Formatos de ensayos de laboratorio.
- **Escala de medición:** Intervalo

b. Costos

- **Definición:** Es cantidad de dinero necesaria para realizarla una actividad (Beltrán, 2012).
- **Dimensiones:** Materiales, equipos y mano de obra.
- **Indicadores:** Costo por metro cubico de concreto (S/.)



- **Instrumento:** Formato para el análisis de costo unitario.
- **Escala de medición:** Razón

3.4.7. Operacionalización de variables

Se detalla en la tabla 11, la operacionalización de variables de la presente investigación.

Tabla 11

Operacionalización de variables

| Variable | Dimensiones | Indicadores | Escala |
|-----------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------|------------|
| Variable independiente | | | |
| Tipos de aditivos acelerantes de fragua | Dosificación de según peso del cemento | 01%, 02%, 03% y 04%. | Porcentaje |
| Tipo de cemento portland | Clasificación según características | Tipo I y tipo IP | Nominal |
| Variable dependiente | | | |
| Resistencia a la compresión | Comportamiento a mecánico del concreto | Resistencia a la compresión en Kg/cm ² | Intervalo |
| Costos | Materiales, equipos y mano de obra. | S/. por m ³ de concreto. | Razón |

Nota: Elaboración propia

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.5.1. Población

La población son los especímenes cilíndricos de concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborados con cemento portland tipo I y IP, adicionados con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas, en la ciudad de Puno, del año 2024.

3.5.2. Muestra

La investigación está representada por la elaboración de 162 especímenes cilíndricos de 6” x 12”, con la finalidad de evaluar la resistencia a la compresión a diferentes edades como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12

Cantidad de especímenes a ensayar a la resistencia a la compresión del concreto.

| Cantidad de especímenes a ensayar a resistencia a la compresión del concreto | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------|----------------|----------------|------------------|
| Codificación | % de Aditivo | Edad de evaluación | | | Sub total |
| | | 7 día | 14 días | 28 días | |
| Con cemento portland tipo IP | | | | | |
| IP-Patrón | - | 3 | 3 | 3 | 9 |
| IP+01%CC | 1.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| IP+02%CC | 2.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| IP+03%CC | 3.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| IP+04%CC | 4.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| IP+01%SA | 1.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| IP+02%SA | 2.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| IP+03%SA | 3.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| IP+04%SA | 4.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Con cemento portland tipo I | | | | | |
| I-Patrón | - | 3 | 3 | 3 | 9 |
| I+01%CC | 1.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| I+02%CC | 2.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| I+03%CC | 3.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| I+04%CC | 4.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| I+01%SA | 1.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| I+02%SA | 2.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| I+03%SA | 3.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| I+04%SA | 4.00% | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Total | | | | | 162 |

Nota: Elaboración propia, la simbología IP o I indica al tipo cemento portland tipo Ip o tipo I, el CC indica que el uso del aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, y el SA indica el uso del aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas.



3.6. CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND

3.6.1. Ensayo de densidad del cemento portland

Este ensayo tiene el objetivo de determinar la densidad del cemento portland, es establecido por la NTP 334.005 (2018), en la cual indica los materiales, procedimientos y cálculos, que se detallan en los siguientes ítems.

3.6.1.1. Equipos y materiales

- Frasco volumétrico de Le Chatelier
- Embudo.
- Cemento.
- Gasolina.
- Balanza de precisión.

3.6.1.2. Procedimiento

Llenar el frasco volumétrico de Le Chatelier con gasolina, hasta un nivel entre 0 a 1 mL como se muestra en la figura 9, y posteriormente pesarlo y registrarlo como masa M_f , luego llevarlo a baño maría a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, para registrar la lectura del nivel en el frasco y registrarlo como V_i .

Figura 9

Lectura del nivel del frasco con gasolina



Nota: Elaboración propia

Pesar 64.00 gr de cemento portland como se muestra en la figura 10 y añadirlo al frasco que anteriormente ya fue llenado con gasolina, posteriormente mediante un embudo, cuidadosamente introducir el cemento portland en el frasco, evitando la adherir de las partículas del cemento portland en las paredes que se encuentren por encima del nivel de la gasolina, posteriormente pesarlo y registrarlo como masa M_c , colocar posteriormente el tapón en el frasco.

Figura 10

Pesado del cemento portland



Nota: Elaboración propia

Posteriormente, se realiza la rotación de forma inclinada del frasco, para liberar el aire atrapado, hasta que no se exista la aparición de burbuja de aire, posteriormente meterlo en baño maría a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, ver figura 11, para después registrar la lectura final y anotarlo como Vf.

Figura 11

Frasco con cemento y gasolina en proceso de baño maría



Nota: Elaboración propia

3.6.1.3. Cálculos

Para calcular la densidad del cemento portland, se hace uso de la siguiente fórmula indicada en la NTP 334.005 (2018).

$$\rho \text{ (gr/cm}^3\text{)} = \frac{(M_f - M_c)}{V_f - V_i}$$

- ρ = densidad del cemento, en gr/cm³.
- M_c = masa del frasco con líquido y cemento, en gr.
- M_f = masa del frasco con líquido, en gr.
- V_f = Volumen del frasco con el líquido, en cm³.
- V_i = Volumen del frasco con el líquido y cemento, en cm³



3.7. CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO

3.7.1. Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino

Este ensayo tiene el objetivo de determinar la distribución por tamaño de las partículas del agregado fino, es establecido por la NTP 400.012 (2021), en la cual indica los materiales, procedimientos y cálculos, que se detallan en los siguientes ítems.

3.7.1.1. Equipos y materiales

- Balanza, con una aproximación de 0.1 gr.
- Juego de tamices, que contiene los tamices N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200, base y tapa.
- Recipientes metálicos.
- Muestra de agregado fino.
- Brocha.
- Horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

3.7.1.2. Procedimiento

Preparar el material de agregado fino para el ensayo, para ello se mezcla y se reduce, por el método de cuarteo para tener un material más representativo, luego pesar un mínimo de 300 gr de agregado fino.

Luego se llevó la muestra de agregado fino, al horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Luego de 24 horas \pm 4 horas, sacar la muestra de agregado fino del horno, y dejar enfriar, para lecturar el peso de la muestra.

Posteriormente ordenar los tamices de forma decreciente de abertura, desde la tapa al fondo, luego introducir la muestra desde el tamiz superior, para luego agitar manualmente los tamices por un periodo aproximado de un (1) minuto.

Luego pesar el material retenido en cada tamiz, esto se realiza en la balanza con una aproximación de 0.1 gramos, y al terminar el pesaje del material de cada tamiz, se realiza la limpieza de los tamices con una brocha, el resultado final se muestra en la figura 12.

Figura 12

Ensayo de granulometría del agregado fino



Nota: Elaboración propia

3.7.1.3. Cálculos

La NTP 400.012 (2021), indica que realiza la suma de cada uno de los pesos del material retenido en cada tamiz, calculando posteriormente los porcentajes totales retenidos; y esta masa total no debe deferir en más del 0.30 %, de la masa seca original, caso contrario el resultado no debería usarse para propósitos de aceptación.



3.7.2. Ensayo del peso específico y absorción del agregado fino

Este ensayo tiene el objetivo de determinar el peso específico y absorción del agregado fino, es establecido por la NTP 400.022 (2024), en la cual indica los materiales, procedimientos y cálculos, que se detallan en los siguientes ítems.

3.7.2.1. Equipos y materiales

- Balanza, sensible a 0.1% del peso medido con capacidad mínima de 1 000 gr.
- Recipientes metálicos
- Molde cónico metálico, de diámetro superior de 40 mm \pm 3mm, y diámetro inferior de 90 mm \pm 3mm, con una altura de 75 mm \pm 3mm.
- Barra compactadora de metal, de un peso de 340 gr \pm 15 gr, con un extremo de superficie plano de diámetro de 25 mm \pm 3mm.
- Cocina
- Picnómetro con capacidad 500 ml.
- Muestra de agregado fino.
- Horno a 110 °C \pm 5°C.

3.7.2.2. Procedimiento

Para preparar el material de agregado fino, se procede a cuarteo el material de agregado fino, para obtener una cantidad aproximada de 1.00 kg.

Luego esta muestra se satura con agua, esto debe ser un tiempo de 24 horas \pm 4 horas, como se ve en la figura 13.

Figura 13

Muestra saturada del agregado fino



Nota: Elaboración propia

Posteriormente pasado el tiempo de saturación, se decanta el agua, evitando perder material fino en el proceso; luego en una bandeja se calienta el material, con el uso de una cocina, en este proceso se extiende el agregado fino, removiendo el material constantemente para obtener un secado uniforme, esto se continua hasta obtener que los granos del agregado no se adhieran, ver la figura 14.

Figura 14

Proceso de calentamiento del material fino en la cocina



Nota: Elaboración propia

Posteriormente se retira el material de la cocina, para después colocarlo, sobre otra bandeja el cual está preparado con el molde cónico, este material fino se introduce al molde cónico, se procede a compactar suavemente 25 veces con barra de metal, esto para tres capas y se procede a levantar el molde, este material tiene que presentar un ligero derrumbe, para su aceptación, esto representa que el agregado fino alcanzo su condición de superficialmente seca, ver la figura 15.

Figura 15

Ensayo del material fino en el molde cónico



Nota: Elaboración propia

Posteriormente, se llena de agua el picnómetro hasta la marca de 500cm³, esta agua tiene que estar a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, y se procede a pesar como en la figura 16. Luego ingresar este material de agregado fino en el picnómetro con mucho cuidado.

Figura 16

Proceso de pesado del picnómetro más agua



Nota: Elaboración propia

Posteriormente, se procede a la eliminación de burbujas de aire, mediante el baño maría con agua $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 60 ± 15 minutos, este proceso de eliminación de burbujas de aire se realizó agitando inclinadamente, dejando reposar en baño maría durante 15 a 20 minutos, para luego repetir el proceso, hasta eliminar las burbujas de aire, ver figura 17.

Figura 17

Proceso de baño maría de la muestra de agregado fino



Nota: Elaboración propia

Posteriormente, se realiza el pesaje del picnómetro con muestra y agua, luego se deposita el contenido de este a un recipiente para llenarlo al horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 24 horas, para luego retirarlo y dejarlo enfriarlo durante aproximadamente una hora, se realiza el pesado del material para registrarlo.

3.7.2.3. Cálculos

Para calcular el peso específico y la absorción del agregado fino, se hace uso de la siguiente fórmula indicada en la NTP 400.022 (2024)

$$\text{Peso específico (gr/cm}^3\text{)} = \frac{A}{B + C - D}$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{D - A}{A} \times 100$$

- A = Peso de la muestra seca, en gr.
- B = Peso del picnómetro más agua, en gr.
- C = Peso del picnómetro más agua y muestra, en gr.
- D = Peso de la muestra saturado superficialmente seca, en gr.

3.7.3. Ensayo del peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Este ensayo tiene el objetivo de determinar el peso unitario suelto y compactado del agregado fino, es establecido por la NTP 400.017 (2020), en la cual indica los materiales, procedimientos y cálculos, que se detallan en los siguientes ítems.

3.7.3.1. Equipos y materiales

- Balanza, con exactitud de 0.1 %.

- Recipiente metálico de forma cilíndrica a medida, que cuente con asas a los extremos para mejor manipulación.
- Varilla compactadora de 5/8" (16 mm), de longitud aproximada de 600 mm, teniendo en los extremos forma semiesférica.
- Cucharon.
- Muestra de agregado fino.

3.7.3.2. Procedimiento

El agregado fino debió ser previamente secado al sol (ver figura 18), posteriormente se realiza el cuarteo del material (ver figura 19). Se toma el peso del recipiente, y las medidas del diámetro y altura.

Figura 18

Proceso de secado al sol del agregado fino



Nota: Elaboración propia

Figura 19

Proceso de cuarteo del agregado fino



Nota: Elaboración propia

Para determinar el peso unitario suelto, se procede mediante un cucharón a llenar el recipiente desde una altura no mayor de 50 mm hasta el rebose del recipiente.

Posteriormente, se elimina el exceso mediante el uso de la varilla compactadora, se realiza el pesaje del recipiente más el material suelto, para luego registrarlo.

Para determinar el peso unitario compactado, se procede mediante el uso del cucharón se llena el recipiente en tres partes, a cada parte se le compacta con la varilla 25 veces, se llena hasta el rebose de recipiente.

Posteriormente, se elimina el exceso mediante el uso de la varilla compactadora como se muestra en la figura 20, para posteriormente hacer el pesaje del recipiente más el material compactado, para luego registrarlo.

Figura 20

Ensayo de peso unitario del agregado fino



Nota: Elaboración propia

3.7.3.3. Cálculos

Para calcular el peso unitario suelto y compactado del agregado fino, se hace uso de la siguiente fórmula indicada en la NTP 400.017 (2020), adecuándose la misma fórmula para el peso unitario suelto y compactado del agregado fino.

$$\text{Peso unitario (kg/m}^3\text{)} = \frac{(M_f - M_r)}{V_r}$$

- M_f = Peso del recipiente con la muestra, en kg.
- M_r = Peso del recipiente, en kg.
- V_r = Volumen del recipiente, en m³.

3.7.4. Ensayo de contenido de humedad del agregado fino

Este ensayo tiene el objetivo de determinar el contenido de humedad del agregado fino, es establecido por la NTP 339.185 (2021), en la cual indica los materiales, procedimientos y cálculos, que se detallan en los siguientes ítems.

3.7.4.1. Equipos y materiales

- Balanza, con 0.1 gramos de sensibilidad
- Recipientes metálicos.
- Cucharon
- Horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Muestra de agregado fino.

3.7.4.2. Procedimiento

Para tomar la muestra, se procede a un cuarteo del material, para luego tomar una muestra húmeda de aproximadamente de 500 gramos, para llenarlo un recipiente metálico, y luego registrarlo, ver figura 21.

Figura 21

Pesaje de material fino para el contenido de humedad



Nota: Elaboración propia

Posteriormente, se llevar al horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante un periodo de 24 horas.

Pasado el tiempo, se saca del horno, para luego dejarla enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente, para luego pesarlo y registrarlo, ver figura 22.

Figura 22

Ensayo de contenido de humedad del agregado fino



Nota: Elaboración propia

3.7.4.3. Cálculos

Para calcular el peso unitario suelto y compactado del agregado fino, se hace uso de la siguiente fórmula indicada en la NTP 339.185 (2021).

$$\text{Contenido de humedad(\%)} = \frac{W_w - W_s}{W_s} \times 100$$

- W_w = Masa de la muestra húmeda, en gr.
- W_s = Masa de la muestra seca, en gr.

3.7.5. Ensayo de impurezas orgánicas en el agregado fino.

Este ensayo tiene el objetivo de determinar aproximadamente la presencia de impurezas orgánicas no deseadas en el agregado fino para ser usados en el

concreto, es establecido por la NTP 400.024 (2020), en la cual indica los materiales, procedimientos y cálculos, que se detallan en los siguientes ítems.

3.7.5.1. Equipos y materiales

- Botellas de vidrio incoloras, de capacidad 240 ml a 470 ml.
- Muestra de agregado fino.
- Cucharon pequeño.
- Hidróxido de Sodio (NaOH).
- Agua destilada.
- Tarjeta de colores de 5 niveles normalizados según el ASTM C-40.

3.7.5.2. Procedimiento

Mediante el uso del cucharón se llena material a la botella hasta un aproximado de 130 ml, ver figura 23.

Figura 23

Llenado de material en la botella



Nota: Elaboración propia

Posteriormente, se prepara la solución de hidróxido de sodio que se prepara en (3) tres partes de hidróxido de sodio y 97 partes de agua destilada, ver figura 24.

Figura 24

Preparación de la mezcla para el ensayo de impurezas orgánicas



Nota: Elaboración propia

Se añade la solución de hidróxido de sodio, hasta un nivel aproximado de 200 ml, ver figura 27.

Figura 25

Proceso de llenado con la mezcla en la muestra



Nota: Elaboración propia

Tapar la botella, agitarla y dejar reposar por un tiempo de 24 horas, como se muestra en la figura 26.

Figura 26

Ensayo de impurezas inorgánicas del agregado fino



Nota: Elaboración propia

Posteriormente comparar el color mediante la placa de colores, teniendo 5 niveles de color en placa orgánica, de forma visual se designa a que color pertenece, siendo el N° 3 el estándar, y registrarlo, ver figura 27.

Figura 27

Resultados del ensayo de impurezas inorgánicas del agregado fino



Nota: Elaboración propia

3.7.5.3. Cálculos

Por ser un ensayo cualitativo, mediante la siguiente tabla 13, se tiene los 5 niveles de color de la placa orgánica, según NTP 400.024 (2020), se interpreta que aquellos materiales que pertenezcan a los niveles de color 4 y 5 son materiales que presentan posiblemente contenido de impurezas orgánicas no deseadas, en el caso del pertenecer a un nivel 1 y 2 son materiales que posiblemente no presenten impurezas orgánicas siendo muy buenas para el uso en concreto, siendo el nivel 3 el punto estándar.

Tabla 13

Placa orgánica del ensayo de impurezas orgánicas del agregado fino

| Numero de color (Estándar de Gardner) | Placa orgánica |
|---------------------------------------|----------------|
| 5 | 1 |
| 8 | 2 |
| 11 | 3 (Estándar) |
| 14 | 4 |
| 16 | 5 |

Nota: Adaptado de la norma NTP 400.024 (2020).

3.8. CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO GRUESO

3.8.1. Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso

Este ensayo tiene el objetivo de determinar la distribución por tamaño de las partículas del agregado grueso, es establecido por la NTP 400.012 (2021), en la cual indica los materiales, procedimientos y cálculos, que se detallan en los siguientes ítems.

3.8.1.1. Equipos y materiales

- Balanza, con una aproximación de 0.1 gr.
- Juego de tamices, que contiene los tamices 3", 2", 1 ½", 1", ¾", 1/2", 3/8", Nro. 4, base y tapa.
- Recipientes metálicos.
- Muestra de agregado grueso.
- Brocha y cepillo.
- Horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

3.8.1.2. Procedimiento

Preparar el material de agregado grueso para el ensayo, para ello se mezcla y se reduce, por el método de cuarteo (ver figura 28) para tener un material más representativo, luego colocar el material en un recipiente, en una cantidad según la tabla 14.

Figura 28

Proceso de cuarteo del material grueso



Nota: Elaboración propia



Tabla 14

Tabla de cantidad de muestra para ensayo de granulometría agregado grueso según el tamaño máximo nominal

| Tamaño Máximo Nominal del agregado en pulgadas | Cantidad de la muestra mínima de agregado grueso en kg |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 3/8" | 1.00 |
| 1/2" | 2.00 |
| 3/4" | 5.00 |
| 1" | 10.00 |
| 1 1/2" | 15.00 |
| 2" | 20.00 |
| 2 1/2" | 35.00 |
| 3" | 60.00 |
| 3 1/2" | 100.00 |
| 4" | 150.00 |
| 5" | 300.00 |

Nota: Adaptado de la NTP 400.012 (2021)

Para nuestro caso se tiene un T.M.N. de 1", que debe tener un peso de 10 kg, ver figura 29, luego se llevó la muestra de agregado grueso, al horno a una temperatura de $110\text{ C}^\circ \pm 5^\circ\text{C}$.

Figura 29

Cantidad muestra para ensayo granulométrico del agregado grueso



Nota: Elaboración propia

Luego sacar del horno la muestra, y dejar enfriar, para luego ordenar los tamices de forma decreciente de abertura desde la tapa al fondo, para luego introducir la muestra desde el tamiz superior, para luego agitar manualmente los tamices por un periodo aproximado de un (1) minuto.

Luego pesar el material retenido en cada tamiz, esto se realiza en la balanza con una aproximación de 0.1 gramos, y al terminar el pesaje del material de cada tamiz, se realiza la limpieza de los tamices con una brocha y un cepillo, los resultados finales del ensayo se ven en la figura 30.

Figura 30

Ensayo granulométrico del agregado grueso



Nota: Elaboración propia

3.8.1.3. Cálculos

La NTP 400.012 (2021), indica que realiza la suma de cada uno de los pesos del material retenido en cada tamiz, calculando posteriormente los porcentajes totales retenidos; y esta masa total no debe deferir en más del 0.30 %, de la masa seca original, caso contrario el resultado no debería usarse para propósitos de aceptación.

3.8.2. Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso

Este ensayo tiene el objetivo de determinar el peso específico y absorción del agregado grueso, es establecido por la NTP 400.021 (2020), en la cual indica los materiales, procedimientos y cálculos, que se detallan en los siguientes ítems

3.8.2.1. Equipos y materiales

- Balanza, con capacidad de 500 gramos y sensible a 0.5 gramos.
- Recipientes metálicos.



- Cesta con malla de alambre, con abertura correspondiente al tamiz N° 06 o abertura menor.
- Depósito de agua (Balde de 20 litros con agua a temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).
- Muestra de agregado grueso.
- Horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Paño grande.

3.8.2.2. Procedimiento

Para preparar el material, se cuartea el material de agregado grueso, para obtener una cantidad aproximada que indica la tabla 15.

Tabla 15

Selección de cantidad de material, para peso específico y absorción

| Tamaño máximo nominal del agregado en pulgadas | Cantidad de la muestra mínima de agregado grueso en kg |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| ½" | 2.00 |
| ¾" | 3.00 |
| 1" | 4.00 |
| 1 ½" | 5.00 |
| 2" | 8.00 |
| 2 ½" | 12.00 |
| 3" | 18.00 |
| 3 ½" | 25.00 |
| 4" | 40.00 |
| 5" | 75.00 |

Nota: Adaptado de la NTP 400.021

Para nuestro caso según la tabla 14, con un T.M.N. de 1”, debemos pesar una cantidad 4 kg mínimo. Luego se satura la muestra de agregado grueso en un recipiente, en un tiempo de 24 horas \pm 4 horas.

Luego se decanta el agua, posteriormente secarlo con un paño grande, ver figura 31, hasta desaparecer toda la película de agua visible en el agregado grueso, esta condición nos indica que el agregado grueso se encuentra en estado superficialmente seco, posteriormente pesar.

Figura 31

Secado de agregado grueso con paño



Nota: Elaboración propia

Luego se llena con el agregado grueso a la cesta como se ve en la figura 32, para luego sumergirlo al depósito de agua que es un balde de 20 litros con agua a temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, se toma nota de este peso sumergido.

Figura 32

Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso



Nota: Elaboración propia

Luego se este material se hecha en un recipiente, para posteriormente llevarlo al horno durante 24 horas, y luego de ese tiempo dejarlo enfriar para luego pesarlo y registrarlo.

3.8.2.3. Cálculos

Para calcular el peso específico y la absorción del agregado grueso, se hace uso de la siguiente formula indicada en la NTP 400.021 (2020).

$$\text{Peso específico (gr/cm}^3\text{)} = \frac{A}{B + C - D}$$

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

- A = Peso de la muestra secada al horno, en gr.
- B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca, en gr.
- C = Peso de la canastilla sumergida, en gr.
- D = Peso de la canastilla más la muestra sumergida, en gr.



3.8.3. Ensayo del peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Este ensayo tiene el objetivo de determinar el peso unitario suelto y compactado del agregado grueso, es establecido por la NTP 400.017 (2020), en la cual indica los materiales, procedimientos y cálculos, que se detallan en los siguientes ítems.

3.8.3.1. Equipos y materiales

- Balanza, con exactitud de 0.1 %.
- Recipiente metálico de forma cilíndrica a medida, que cuente con asas a los extremos para mejor manipulación.
- Varilla compactadora de 5/8" (16 mm), de longitud aproximada de 600 mm, teniendo en los extremos forma semiesférica.
- Cucharón.
- Muestra de agregado grueso.

3.8.3.2. Procedimiento

El agregado grueso debió ser previamente secado al sol (ver figura 33), posteriormente se realiza el cuarteo del material (ver figura 34). Se toma el peso del recipiente, y las medidas del diámetro y altura.

Figura 33

Secado al sol de material grueso



Nota: Elaboración propia

Figura 34

Proceso de cuarto de material grueso



Nota: Elaboración propia

Para determinar el peso unitario suelto, se procede mediante un cucharón a llenar el recipiente desde una altura no mayor de 50 mm hasta el rebose del recipiente.

Posteriormente, se elimina el exceso mediante el uso de la varilla compactadora, se realiza el pesaje del recipiente más el material suelto, para luego registrarlo.

Para determinar el peso unitario compactado, se procede mediante el uso del cucharón se llena el recipiente en tres partes, a cada parte se le compacta con la varilla 25 veces, se llena hasta el rebose de recipiente.

Posteriormente, se elimina el exceso mediante el uso de la varilla compactadora como se muestra en la figura 35 y figura 36, para posteriormente hacer el pesaje del recipiente más el material compactado, para luego registrarlo.

Figura 35

Enrasado de material grueso en recipiente



Nota: Elaboración propia

Figura 36

Ensayo de peso unitario del agregado grueso



Nota: Elaboración propia



3.8.3.3. Cálculos

Para calcular el peso unitario suelto y compactado del agregado grueso, se hace uso de la siguiente fórmula indicada en la NTP 400.017 (2020), adecuándose la misma fórmula para el peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.

$$\text{Peso unitario (kg/m}^3\text{)} = \frac{(M_f - M_r)}{V_r}$$

- M_f = Peso del recipiente con la muestra, en kg.
- M_r = Peso del recipiente, en kg.
- V_r = Volumen del recipiente, en m³.

3.8.4. Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso.

Este ensayo tiene el objetivo de determinar el contenido de humedad del agregado grueso, es establecido por la NTP 339.185 (2021), en la cual indica los materiales, procedimientos y cálculos, que se detallan en los siguientes ítems.

3.8.4.1. Equipos y materiales

- Balanza, con 0.1 gramos de sensibilidad
- Recipientes metálicos.
- Cucharón
- Horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Muestra de agregado fino.

3.8.4.2. Procedimiento

Para tomar la muestra, se procedió a un cuarteo del material, para luego tomar una muestra húmeda, de cantidad según la tabla 16.

Tabla 16

Cantidad de muestra de agregado grueso para contenido de humedad

| Tamaño máximo nominal del agregado en pulgadas | Cantidad de la muestra mínima de agregado grueso en kg |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| N° 04 | 0.50 |
| 3/8" | 1.50 |
| 1/2" | 2.00 |
| 3/4" | 3.00 |
| 1" | 4.00 |
| 1 1/2" | 6.00 |
| 2" | 8.00 |
| 2 1/2" | 10.00 |
| 3" | 13.00 |
| 3 1/2" | 16.00 |
| 4" | 25.00 |
| 6" | 50.00 |

Nota: Adaptado de la NTP 339.185 (2021)

Para nuestro caso se tiene un T.M.N. de 1", que debe tener un peso de 4 kg, ver figura 31, para luego llevar nuestra muestra al horno a una temperatura de $110\text{ C}^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante un periodo de 24 horas.

Pasado el tiempo, se saca del horno, para luego dejarla enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente, para luego pesarlo y registrarlo, ver figura 37.

Figura 37

Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso



Nota: Elaboración propia

3.8.4.3. Cálculos

El contenido de humedad se calculó con la siguiente formula, según lo indicado en la norma NTP 339.185:

$$w (\%) = \frac{W_w - W_s}{W_s} \times 100$$

- W_w = Masa de la muestra húmeda, en gr.
- W_s = Masa de la muestra seca, en gr.

3.8.5. Ensayo de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles

Este ensayo tiene el objetivo de determinar la resistencia a la degradación en agregado grueso por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles, es

establecido por la NTP 400.020 (2020), en la cual indica los materiales, procedimientos y cálculos, que se detallan en los siguientes ítems

3.8.5.1. Equipo y materiales

- Juego de tamices según gradación.
- Recipientes metálicos.
- Esferas metálicas
- Balanza
- Muestra de agregados grueso.
- Máquina de los Ángeles.

3.8.5.2. Procedimiento

Según nuestra granulometría se escoge la gradación que adoptaremos, según la siguiente tabla 17, en nuestro caso es la gradación A.

Tabla 17

Tipo de gradación para ensayo de abrasión los ángeles

| Medida del tamiz (abertura cuadrada) | | Masa de tamaño indicado, g | | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Que pasa | Retenido sobre | Gradación | | | |
| | | A | B | C | D |
| 1 ½" | 1" | 1250 ±25 | | | |
| 1" | ¾" | 1250 ±25 | | | |
| ¾" | ½" | 1250 ±10 | 2500 ±10 | | |
| ½" | 3/8" | 1250 ±10 | 2500 ±10 | | |
| 3/8" | ¼" | | | 2500 ±10 | |
| ¼" | Nº 4 | | | 2500 ±10 | |
| Nº 4 | Nº 8 | | | | 5000 ±10 |
| | Total | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 |

Nota: Adaptado de la norma NTP 400.020 (2020)

Según la gradación escogida, se pesa el material retenido para cada tamiz 1", ¾", ½" y 3/8" ver figura 38, a continuación, escogemos los números de esferas en nuestro caso es la gradación A que el número de esferas es 12 y con carga de $5\,000 \pm 25$ gr.

Figura 38

Proceso de tamizaje de material



Nota: Elaboración propia

Procedemos a ingresar la muestra y las esferas a la máquina de abrasión de los ángeles, y lo hacemos rotar por 500 revoluciones como se muestra en la figura 39, luego sacamos esa muestra de agregado y lo pasamos por el tamiz N° 41.

Figura 39

Ensayo de abrasión de los ángeles agregado grueso



Nota: Elaboración propia

Posteriormente, pesamos la cantidad que se retiene en el tamiz N° 12, ver figura 40, y procedemos con el cálculo.

Figura 40

Pesado de material que retiene el tamiz N° 12



Nota: Elaboración propia

3.8.5.3. Cálculos

Para calcular el porcentaje de desgaste del agregado grueso, se hace uso de la siguiente fórmula indicada en la NTP 400.020 (2020),



$$\text{desgaste del agregado (\%)} = \frac{P1 - P2}{P1} * 100$$

- P1: Peso seco del material antes del ingreso a la máquina, en gr.
- P2: Peso la muestra retenida por la malla N° 12, en gr.

3.9. DISEÑO DE MEZCLAS

El presente diseño de mezclas se realizó mediante el método del comité ACI-211, esto enfocado a elaborar proporciones más adecuadas.

Se tiene las siguientes características del agregado fino y grueso indicado en la tabla 18.

Tabla 18

Características de los agregados para diseño de mezclas

| DESCRIPCIÓN | CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO | | |
|--------------------------|------------------------------|-----------------|--------|
| | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | UNIDAD |
| Contenido de Humedad | 2.15 | 1.34 | % |
| Absorción | 3.37 | 3.07 | % |
| Gravedad Especifica | 2.47 | 2.46 | gr/cm3 |
| Peso Unitario Suelto | 1552.64 | 1547.70 | Kg/m3 |
| Peso Unitario Compactado | 1650.64 | 1674.68 | Kg/m3 |
| Módulo de fineza | 2.97 | 7.11 | |

Nota: Elaboración propia

3.9.1. Diseño de mezclas con cemento portland tipo IP

3.9.1.1. Cálculo de resistencia promedio requerida

Para el cálculo de resistencia promedio requerida es necesario registro anteriores de ensayos de resistencia a la compresión, puesto que no se encuentra dichos registros, se utiliza la siguiente tabla 19 de la norma

E060 del reglamento nacional de edificaciones, para determinar el f'_{cr} de un f'_c de diseño de 210 kg/cm².

Tabla 19

Resistencia promedio requerida cuando no hay datos disponibles

| f'_c | f'_{cr} |
|--------------|-----------|
| menos de 210 | f'_c+70 |
| 210 a 350 | f'_c+84 |
| sobre 350 | f'_c+98 |

Nota: Adaptado de la Norma E060 del Reglamento Nacional de Edificaciones

Entonces, para una resistencia a compresión de diseño $f'_c=210$ kg/cm²:

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

$$f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

Se obtiene, una resistencia promedio de 294 kg/cm².

3.9.1.2. Tamaño máximo y tamaño máximo nominal

De acuerdo a los resultados del análisis granulométrico, se tiene el tamaño máximo y máximo nominal para la presente investigación.

- Tamaño máximo: 1 ½"
- Tamaño máximo nominal: 1"

3.9.1.3. Selección de asentamiento

Para obtener una mezcla de concreto con una buena trabajabilidad mediante la tabla 20, se seleccionó trabajar con una consistencia plástica, que tiene un asentamiento de 3" a 4" (Abanto, 2009).

Tabla 20

Selección de asentamiento de la mezcla de concreto

| CONSISTENCIA | ASENTAMIENTO |
|--------------|--------------|
| Seca | 0" a 2" |
| Plástica | 3" a 4" |
| Fluida | ≥5" |

Nota: Adaptado de "Tecnología del concreto" de Abanto (2009).

3.9.1.4. Volumen unitario de agua y aire atrapado

Para determinar el volumen unitario del agua, se ha considerado la siguiente tabla 21, establecida por el ACI 211.

Tabla 21

Requerimientos para la selección del volumen unitario de agua y aire atrapado.

| Asentamiento o slump | Agua en lt/m ³ de concreto para los tamaños máximo de agregado gruesos y consistencias indicadas | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------------|--------|-----|-----|-----|
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 6" |
| Concretos sin aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 205 | 200 | 185 | 180 | 160 | 155 | 145 | 125 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 240 | 230 | 210 | 205 | 185 | 180 | 170 | --- |
| Cantidad aproximada de aire atrapado, en porcentaje | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |

Nota: Adaptado del Comité ACI 211

Según esta tabla 20, para un asentamiento de 3" a 4" y un tamaño máximo nominal de 1", se tiene un volumen unitario de agua de **193 lt/m³** y contenido de aire atrapado de **1.5 %** en la mezcla de concreto.

3.9.1.5. Relación agua cemento (a/c).

Considerando un concreto de $f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$, no fue considerado para el procedimiento de diseño situaciones de intemperismo, ataques de sulfatos u otros tipos de acciones que puedan atacar al concreto. Para

determinar la relación agua-cemento se ha considerado la tabla 22 dada por el comité ACI 211.

Tabla 22

Selección de agua-cemento por resistencia

| f'cr (28 días) (Kg/cm ²) | Relación a/c de diseño en peso | |
|-----------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | Concreto sin aire incorporado | Concreto con aire incorporado |
| 100 | 0.90 | 0.81 |
| 150 | 0.80 | 0.71 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 400 | 0.43 | |
| 450 | 0.38 | |

Nota: Adaptado del Comité ACI 211

Para obtener la relación agua-cemento, con un $f'_{cr}=294$ kg/cm², vemos la tabla 21, para determinar el dato tenemos que interpolar expresado de la siguiente forma, como lo indica Abanto (2009):

$$\frac{300 - 250}{210 - 250} = \frac{0.55 - 0.62}{X - 0.62}$$

$$X = 0.558$$

Entonces, se obtiene una relación **a/c=0.558**.

3.9.1.6. Factor cemento

Para determinar el factor cemento, se divide el volumen unitario del agua y la relación agua-cemento. (Abanto, 2009)

$$F_c = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{\text{Relación agua - cemento}}$$



$$F_c = \frac{193 \text{ lt/m}^3}{0.558} = 345.88 \text{ kg/m}^3$$

$$C_c = \frac{F_c}{42.5 \text{ kg}}$$

$$C_c = \frac{345.88}{42.5} = 8.14 \text{ bolsas}$$

Se determina que el factor cemento es 345.88 kg/m³, y la cantidad de bolsas de cemento es **8.14** bolsas.

3.9.1.7. Selección del Contenido de Agregado Grueso

Para la determinación del contenido de agregado grueso se considera la tabla 22 del comité ACI 211, con nuestros datos de módulo de fineza 2.97 y tamaño máximo nominal de 1", determinamos de la siguiente manera mediante una interpolación.

Tabla 23

Selección del volumen de agregado grueso.

| Tamaño máximo del agregado grueso | Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|
| | Módulo de fineza del agregado fino | | | |
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3/8" | 0.50 | 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 |

Nota: Adaptado del Comité ACI 211



$$\frac{3 - 2.97}{2.94} = \frac{0.65 - x}{x - 0.67}$$

$$x = 0.6530$$

Determinando que el volumen del agregado grueso es 0.6530 m³

Interpolando para un módulo de fineza de 2.97 y T.M.N. 1”,
obtiene del cuadro, volumen del agregado grueso **0.6530**

Para determinar la cantidad de agregado grueso en peso se
considera la siguiente expresión (Abanto, 2009):

$$\text{Cantidad de A. G. Kg} = (\text{Volumen A. G.}) * (\text{P. U. C. del A. G.})$$

$$\text{Cantidad de agregado grueso} = 0.6530 \text{ m}^3 * 1674.68 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cantidad de agregado grueso} = 1093.56 \text{ kg}$$

3.9.1.8. Cálculo de volúmenes absolutos

Conocido los pesos del agregado grueso, agua, aire y cemento,
procede a calcular por volúmenes absolutos; se determinó que la densidad
es 2.79 gr/cm³ para el cemento portland tipo IP mediante los ensayos
realizados, se calcula los volúmenes absolutos con las siguientes formulas
(Abanto, 2009).

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Factor cemento}}{\text{densidad del cemento}} = \frac{345.88}{2.79 * 1000} = 0.1240 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Vol. Unitario del agua}}{\text{p. e. del agua}} = \frac{193 \text{ lt}}{1000 \text{ l/m}^3} = 0.1930 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{\text{aire \%}}{100} = \frac{1.5 \%}{100} = 0.0150$$



Determinando los valores se realiza la sumatoria de volúmenes absolutos conocidos, el cual suman un total de 0.7765 m³.

3.9.1.9. Contenido de agregado fino

Se determina mediante la siguiente expresión el volumen absoluto del agregado fino. (Abanto, 2009)

Volumen abs. Ag. fino = 1.00 – Subtotal de Vol. Abs

Volumen absoluto del agregado fino = 1 – 0.7765 = 0.2235 m³

Para determinar su peso, se considera la siguiente expresión. (Abanto, 2009)

Peso del Ag. Fino = Volumen Ag. fino * P. e. del Ag. fino

Peso del agregado fino = 0.2235 * 2.47 * 1000 = 552.05 Kg

3.9.1.10. Valores de diseño

Las cantidades de materiales calculados como valores de diseño fueron:

- **Cemento:** 345.88 kg
- **Ag. Fino:** 552.05 kg
- **Ag. Grueso:** 1093.56 kg
- **Agua diseño:** 193 lt

3.9.1.11. Corrección por contenido de humedad

Los cálculos de la corrección del peso por humedad, se da por las siguientes formulas. (Abanto, 2009)



a. Pesos húmedos

Se determinará los cálculos mediante las siguientes expresiones:

$$\text{Peso humedo del A. Grueso} = \text{Peso seco Ag. Grueso} * (1 + W_g\%)$$

$$\text{Peso humedo del A. Fino} = \text{Peso seco Ag. Fino} * (1 + W_f\%)$$

$$\text{Agua en el A. Grueso} = \text{peso Ag. Grueso} * (w_g\% - a_g\%)$$

$$\text{Agua en el A. Fino} = \text{peso Ag. Fino} * (w_f\% - a_f\%)$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - (\text{Agua A. G.} + \text{Agua A. F.})$$

Determinando los siguientes valores:

$$\text{Peso humedo del Ag. Grueso} = 1093.56 * \left(1 + \frac{1.34}{100}\right)$$

$$\text{Peso humedo del Ag. Grueso} = 1108.20 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Peso humedo del Ag. Fino} = 552.05 * \left(1 + \frac{2.15}{100}\right)$$

$$\text{Peso humedo del Ag. Fino} = 563.92$$

$$\text{Agua en el A. Grueso} = 1108.20 * \left(\frac{1.34}{100} - \frac{3.07}{100}\right) = -19.19$$

$$\text{Agua en el A. Fino} = 563.92 * \left(\frac{2.15}{100} - \frac{3.37}{100}\right) = -6.88$$

$$\text{Agua efectiva} = 193 \text{ lt} - (-19.19 - 6.88) = 219.07$$

b. Diseño final

- **Cemento:** 345.88 kg



- **Ag. Fino:** 563.91 kg
- **Ag. Grueso:** 1108.19 kg
- **Agua efectiva:** 219.07

3.9.1.12. Proporciones de la mezcla

Para determinar las proporciones finales de mezcla se realizó la división de cantidad entre la cantidad de cemento por m³. (Abanto, 2009)

$$\text{Proporción } C : A : F : A : G : Ag. = \frac{345.88}{345.88} : \frac{563.91}{345.88} : \frac{1108.19}{345.88} / \frac{219.07}{\frac{345.88}{42.5}}$$

Se tiene la proporción de **1.00, 1.63, 3.20, 26.92 lt/bolsa.**

3.9.2. Diseño de mezclas con cemento portland tipo I

3.9.2.1. Cálculo de resistencia promedio requerida

Para el cálculo de resistencia promedio requerida es necesario registro anteriores de ensayos de resistencia a la compresión, puesto que no se encuentra dichos registros, se utiliza la siguiente tabla 24 de la norma E060 del reglamento nacional de edificaciones, para determinar el f'_{cr} de un f'_{c} de diseño de 210 kg/cm².

Tabla 24

Resistencia promedio requerida cuando no hay datos disponibles

| f'_{c} | f'_{cr} |
|--------------|-------------|
| menos de 210 | $f'_{c}+70$ |
| 210 a 350 | $f'_{c}+84$ |
| sobre 350 | $f'_{c}+98$ |

Nota: Adaptado de la Norma E060 del Reglamento Nacional de Edificaciones



Entonces, para una resistencia a compresión de diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$:

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

$$f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

Se obtiene, una resistencia promedio de 294 kg/cm^2 .

3.9.2.2. Cálculo de resistencia promedio requerida

De acuerdo a los resultados del análisis granulométrico, se tiene el tamaño máximo y máximo nominal para la presente investigación.

- Tamaño máximo: $1 \frac{1}{2}$ "
- Tamaño máximo nominal: 1"

3.9.2.3. Selección de asentamiento

Para obtener una mezcla de concreto con una buena trabajabilidad mediante la tabla 25, se seleccionó trabajar con una consistencia plástica, que tiene un asentamiento de 3" a 4" (Abanto, 2009).

Tabla 25

Selección de asentamiento de la mezcla de concreto

| CONSISTENCIA | ASENTAMIENTO |
|--------------|--------------|
| Seca | 0" a 2" |
| Plástica | 3" a 4" |
| Fluida | ≥ 5 " |

Nota: Adaptado de "Tecnología del concreto" de Abanto (2009).

3.9.2.4. Volumen unitario de agua y aire atrapado

Para determinar el volumen unitario del agua, se ha considerado la siguiente tabla 26, establecida por el ACI 211.

Tabla 26*Selección del volumen unitario de agua y aire atrapado.*

| Asentamiento o slump | Agua en lt/m ³ de concreto para los tamaños máximo de agregado gruesos y consistencias indicadas | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------------|--------|-----|-----|-----|
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 6" |
| Concretos sin aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 205 | 200 | 185 | 180 | 160 | 155 | 145 | 125 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 240 | 230 | 210 | 205 | 185 | 180 | 170 | --- |
| Cantidad aproximada de aire atrapado, en porcentaje | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |

Nota: Adaptado de "Tecnología del concreto" de Abanto (2009).

Según esta tabla, para un asentamiento de 3" a 4" y un tamaño máximo nominal de 1", se tiene un volumen unitario de agua de **193 lt/m³** y contenido de aire atrapado de **1.5 %** en la mezcla de concreto.

3.9.2.5. Relación agua cemento (a/c).

Para obtener la relación agua-cemento, por resistencia se realiza mediante la tabla 27 dada por el comité ACI 211.

Tabla 27*Selección de agua-cemento por resistencia*

| f'cr (28 días) (Kg/cm ²) | Relación a/c de diseño en peso | |
|-----------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | Concreto sin aire incorporado | Concreto con aire incorporado |
| 100 | 0.90 | 0.81 |
| 150 | 0.80 | 0.71 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 400 | 0.43 | |
| 450 | 0.38 | |

Nota: Adaptado del Comité ACI 211



Para obtener la relación agua-cemento, con un $f'_{cr}=294 \text{ kg/cm}^2$, vemos la tabla 26, para determinar el dato tenemos que interpolar expresado de la siguiente forma como lo indica Abanto (2009):

$$\frac{300 - 250}{210 - 250} = \frac{0.55 - 0.62}{X - 0.62}$$

$$X = 0.558$$

Entonces, se obtiene una relación $a/c=0.558$.

3.9.2.6. Factor cemento

Para determinar el factor cemento, se divide el volumen unitario del agua y la relación agua-cemento. (Abanto, 2009)

$$F_c = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{\text{Relación agua - cemento}}$$

$$F_c = \frac{193 \text{ lt/m}^3}{0.558} = 345.88 \text{ kg/m}^3$$

$$C_c = \frac{F_c}{42.5 \text{ kg}}$$

$$C_c = \frac{345.88}{42.5} = 8.14 \text{ bolsas}$$

Se determina que el factor cemento es 345.88 kg/m^3 , y la cantidad de bolsas de cemento es **8.14** bolsas.

3.9.2.7. Selección del Contenido de Agregado Grueso

Para la determinación del contenido de agregado grueso se considera la tabla 28 del comité ACI 211, con nuestros datos de módulo de fineza 2.97 y T.M.N. de 1", determinamos el volumen del agregado.

Tabla 28

Selección del volumen de agregado grueso.

| Tamaño máximo del agregado grueso | Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|
| | Módulo de fineza del agregado fino | | | |
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3/8" | 0.50 | 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 |

Nota: Adaptado del Comité ACI 211

Determinando que el volumen del agregado grueso es 0.6530 m³

Interpolando para un módulo de fineza de 2.97 y T.M.N. 1", obtiene del cuadro, volumen del agregado grueso **0.6530**

Para determinar la cantidad de agregado grueso en peso se considera la siguiente expresión. (Abanto, 2009)

$$\text{Cantidad de A. G. Kg} = (\text{Volumen A. G.}) * (\text{P. U. C. del A. G.})$$

$$\text{Cantidad de agregado grueso} = 0.6530 \text{ m}^3 * 1674.68 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cantidad de agregado grueso} = 1093.56 \text{ kg}$$

3.9.2.8. Cálculo de volúmenes absolutos

Conocido los pesos del agregado grueso, agua, aire y cemento, procede a calcular por volúmenes absolutos; se determinó que la densidad es 3.13 gr/cm³ para el cemento portland tipo IP mediante los ensayos realizados, se calcula los volúmenes absolutos con las siguientes formulas (Abanto, 2009).

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Factor cemento}}{\text{densidad del cemento}} = \frac{345.88}{3.13 * 1000} = 0.1155 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Vol. Unitario del agua}}{\text{p. e. del agua}} = \frac{193 \text{ lt}}{1000 \text{ l/m}^3} = 0.1930 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{\text{aire \%}}{100} = \frac{1.5 \%}{100} = 0.0150$$

Determinando los valores se realiza la sumatoria de volúmenes absolutos conocidos, el cual suman un total de 0.7630 m³.

3.9.2.9. Contenido de agregado fino

Se determina mediante la siguiente expresión el volumen absoluto del agregado fino. (Abanto, 2009)

$$\text{Volumen abs. Ag. fino} = 1.00 - \text{Subtotal de Vol. Abs}$$

$$\text{Volumen absoluto del agregado fino} = 1 - 0.7630 = 0.2370 \text{ m}^3$$

Para determinar su peso, se considera la siguiente expresión (Abanto, 2009).

$$\text{Peso del Ag. Fino} = \text{Volumen Ag. fino} * \text{P. e. del Ag. fino}$$



Peso del agregado fino = $0.2370 * 2.47 * 1000 = 585.39 \text{ Kg}$

3.9.2.10. Valores de diseño

Posteriormente se obtiene los valores de diseño, que son los siguientes:

- **Cemento:** 345.88 kg
- **Ag. Fino:** 585.39 kg
- **Ag. Grueso:** 1093.56 kg
- **Agua diseño:** 193 lt

3.9.2.11. Corrección por contenido de humedad

Los cálculos de la corrección del peso por humedad, se da por las siguientes formulas. (Abanto, 2009)

a. Pesos húmedos

Se determinará los cálculos mediante las siguientes expresiones:

Peso humedo del A. Grueso = $\text{Peso seco Ag. Grueso} * (1 + W_g\%)$

Peso humedo del A. Fino = $\text{Peso seco Ag. Fino} * (1 + W_f\%)$

Agua en el A. Grueso = $\text{peso Ag. Grueso} * (w_g\% - a_g\%)$

Agua en el A. Fino = $\text{peso Ag. Fino} * (w_f\% - a_f\%)$

Agua efectiva = $\text{Agua de diseño} - (\text{Agua A. G.} + \text{Agua A. F.})$

Determinando los siguientes valores:



$$\text{Peso humedo del Ag. Grueso} = 1093.56 * \left(1 + \frac{1.34}{100}\right)$$

$$\text{Peso humedo del Ag. Grueso} = 1108.20 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Peso humedo del Ag. Fino} = 585.39 * \left(1 + \frac{2.15}{100}\right)$$

$$\text{Peso humedo del Ag. Fino} = 597.98$$

$$\text{Agua en el A. Grueso} = 1108.20 * \left(\frac{1.34}{100} - \frac{3.07}{100}\right) = -19.19$$

$$\text{Agua en el A. Fino} = 597.98 * \left(\frac{2.15}{100} - \frac{3.37}{100}\right) = -7.30$$

$$\text{Agua efectiva} = 193 \text{ lt} - (-19.19 - 7.30) = 219.49$$

b. Diseño final

- **Cemento:** 345.88 kg
- **Ag. Fino:** 597.98 kg
- **Ag. Grueso:** 1108.19 kg
- **Agua efectiva:** 219.49

3.9.2.12. Proporciones de la mezcla

Para determinar las proporciones finales de mezcla se realizó la división de cantidad entre la cantidad de cemento por m³. (Abanto, 2009)

$$\text{Proporción } C : A : F : A : G : Ag. = \frac{345.88}{345.88} : \frac{597.98}{345.88} : \frac{1108.19}{345.88} / \frac{219.07}{\frac{345.88}{42.5}}$$

Se tiene la proporción de **1.00, 1.63, 3.20, 26.92 lt/bolsa.**

3.9.3. Cantidades según tipo de cemento y dosificación de aditivos

acelerantes de fragua.

Una vez obtenido el diseño para concreto $f'c=210$ kg/cm², a este se le adiciona aditivo acelerante en proporciones de 1%, 2%, 3% y 4% del peso del cemento, conociendo la cantidad de cemento del diseño podemos calcular la cantidad de aditivo acelerante, se disminuye la cantidad de agua efectiva. Se muestra las cantidades para los tipos de cemento portland tipo IP y tipo I, con dosificaciones de 1%, 2%, 3% y 4% de aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas, como se muestra en la tabla 29 y 30.

Tabla 29

Cantidad de aditivo acelerante de fragua para un concreto de diseño de mezcla $f'c=210$ kg/cm² con cemento tipo IP.

| Diseño para tipo IP | Und. | Diseño de mezcla | 1% de aditivo | 2% de aditivo | 3% de aditivo | 4% de aditivo |
|---------------------|------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Cemento | Kg | 345.88 | 345.88 | 345.88 | 345.88 | 345.88 |
| Ag. Fino | Kg | 563.91 | 563.91 | 563.91 | 563.91 | 563.91 |
| Ag. Grueso | Kg | 1108.19 | 1108.19 | 1108.19 | 1108.19 | 1108.19 |
| Agua | Lt | 219.07 | 215.61 | 212.15 | 208.69 | 205.23 |
| Aditivo | Lt | - | 3.46 | 6.92 | 10.38 | 13.84 |

Nota: Elaboración propia

Tabla 30

Cantidad de aditivo acelerante de fragua para un concreto de diseño de mezcla $f'c=210$ kg/cm² con cemento tipo I.

| Diseño para tipo I | Und. | Diseño de mezcla | 1% de aditivo | 2% de aditivo | 3% de aditivo | 4% de aditivo |
|--------------------|------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Cemento | Kg | 345.88 | 345.88 | 345.88 | 345.88 | 345.88 |
| Ag. Fino | Kg | 597.98 | 597.98 | 597.98 | 597.98 | 597.98 |
| Ag. Grueso | Kg | 1108.19 | 1108.19 | 1108.19 | 1108.19 | 1108.19 |
| Agua | Lt | 219.49 | 216.03 | 212.57 | 209.11 | 205.65 |
| Aditivo | Lt | - | 3.46 | 6.92 | 10.38 | 13.84 |

Nota: Elaboración propia

3.10. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

La NTP 339.183 (2021) indica un método de elaboración de especímenes cilíndricos de concreto, en nuestro caso de medidas 6" x 12", también indica como recomendación ensayarlo a los 7 y 28 días, en nuestro caso se aumentó una edad de 14 por fines de antecedentes y análisis, se realizó el proceso de elaboración del control mediante el siguiente procedimiento, indicada por la normativa NTP 339.183 (2021).

- Se alista todos los materiales cemento portland, agregados, agua y ocasionalmente aditivos.
- Se aplica desmoldante a las paredes del molde cilíndrico, los cuales deben ser colocadas en una superficie nivelada.
- Se introduce el concreto fresco a los moldes, hasta una tercera parte, el cual se procede a compactar con una varilla lisa de 5/8", a 25 golpes, y posteriormente golpear suavemente los alrededores del molde con un combo de goma; así hasta la segunda y tercera capa, posteriormente enrasar con la varilla, ver figura 41.

- Una vez realizar el acabado con una plancha o badilejo, sin dejar imperfecciones.

Figura 41

Elaboración de especímenes de concreto



Nota: Elaboración propia

Se desmoldo los especímenes de concreto al día siguiente, ver figura 42; posteriormente se realizó el curado correspondiente, hasta la edad de ensayo de resistencia a la compresión, como se muestra en la figura 43.

Figura 42

Desencofrado de especímenes de concreto



Nota: Elaboración propia

Figura 43

Curado de especímenes de concreto en poza de curado



Nota: Elaboración propia

3.11. CONTROLES DEL CONCRETO FRESCO

3.11.1. Medición del asentamiento del concreto

Este ensayo se rige a la NTP 339.035 (2022), con el objetivo de determinar el asentamiento para el concreto fresco, según el diseño de mezclas.

3.11.1.1. Equipo

- Varilla Lisa de 5/8" punta redonda
- Cono de Abrams
- Base metálica plana

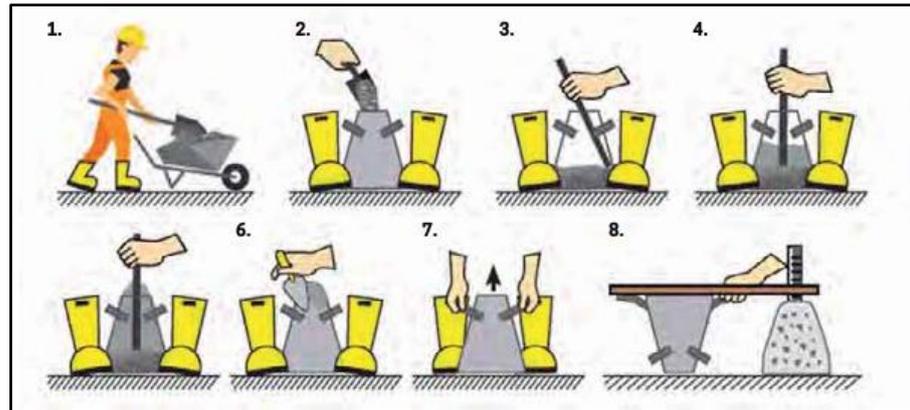
3.11.1.2. Procedimiento

Se coloca el cono de Abrams sobre una superficie nivelada, pisando las aletas del cono. Posteriormente se procedió a verter una capa de concreto hasta una tercera parte del volumen del cono. Se apisonó con la varilla, aplicando 25 golpes. Luego se realizó el mismo procedimiento para

la segunda y tercera capa. En la tercera capa se llenó en exceso, para posteriormente enrasar al nivel del cono. Una vez terminado el enrasado, se levantó cuidadosamente en forma vertical, ver figura 44.

Figura 44

Proceso del método de Cono de Abrams del concreto fresco



Nota: Adaptado de “Concreto fundamentos y nuevas tecnologías” de Matallana (2019).

- Una vez levantado el cono, se mide la diferencia entre el cono y el concreto fresco, a esta medida se le considera el asentamiento del concreto, ver figura 45.

Figura 45

Control del slump en el concreto



Nota: Elaboración propia

3.11.2. Control de temperatura del concreto fresco

Se basa en la norma ASTM C1064 (2017), que indica que el control de temperatura del concreto fresco debe ser del 10° C a 25°C.

3.11.2.1. Equipo

- Muestra de concreto fresco
- Termómetro

3.11.2.2. Procedimiento

Introducir el termómetro calibrado, a la muestra del concreto fresco. Dejar por entre 2 a 5 minutos, y lectura, para proceder a verificar, este concreto debe estar entre 10°C y 25°C, como se muestra en la figura 46.

Figura 46

Control de temperatura del concreto fresco



Nota: Elaboración propia

3.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.12.1. Prueba de normalidad

Según Flores y Flores (2021), la prueba de Shapiro Wilk se emplea para contrastar normalidad cuando el tamaño de la muestra es menor a 50 observaciones y en muestras grandes es equivalente al test de Kolmogórov-Smirnov. Siendo nuestro caso muestras menores a 50 observaciones se adopta el método de Shapiro Wilk.

3.12.1.1. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk

Cuando el tamaño de la muestra es igual o inferior a 50 la prueba de normalidad, se realiza mediante la prueba de Shapiro Wilk. Para contrastar la prueba se procede a calcular la media y la varianza muestra, se calcula mediante las siguientes fórmulas dadas por Shapiro Wilk en el año 1965. (Romero, 2016)

$$b = \sum a_i(y_{n-i+1} - y_i)$$

$$S^2 = \sum y_i^2 - n\bar{y}^2$$

$$W_c = \frac{b^2}{S^2}$$

- a_i : coeficientes técnicos de Shapiro – Wilk (Anexo B)
- S^2 : varianza
- W_c : estadístico de prueba de Shapiro – Wilk calculado
- W_t : valor crítico de Shapiro – Wilk obtenido de tabla (Anexo B)



Según Romero (2016) se tiene la regla de decisión para la aceptación o rechazo de la hipótesis nula analizando mediante calculo la siguiente regla:

- $W_c > W_t$, se acepta la hipótesis nula (H_0).
- $W_c < W_t$, se rechaza la hipótesis nula (H_0), y se acepta H_a .

Según estos resultados se podría decir de la hipótesis lo siguiente:

- H_0 : Los datos presentan una distribución normal
- H_a : Los datos no presentan una distribución normal.

3.12.2. Prueba de hipótesis

Para la realización de la prueba de hipótesis realizado posteriormente de la prueba de normalidad, teniendo una distribución normal en los grupos, se toman dos pruebas de hipótesis que son de t-Student y Análisis de Varianza (ANOVA), en caso del t-Student se realiza compara 2 grupos, en el caso de Análisis de Varianza (ANOVA) se pueden comparar más de 2 grupos, en nuestro caso existen varios grupos, por lo cual se optara por el método de Análisis de Varianza (ANOVA).

3.12.2.1. Análisis de varianza

Según Triola (2009), el análisis de varianza (ANOVA) es un método de prueba de igualdad de tres o más medias poblacionales, por medio del análisis de las varianzas muestrales, detallando las siguientes formulas en base al autor Triola (2009).



a. Grados de libertad

$$\text{Grado de libertad del numerador} = k - 1$$

$$\text{Grado de libertad del denominador} = k (n - 1)$$

- k = número de muestras
- n = número muestral

b. Suma de totales

$$T = T_1 + T_2 + T_3 \dots + T_K$$

- T = Suma de cada tratamiento

c. Factor de corrección

$$FC = \frac{T^2}{n}$$

- T = Suma de cada tratamiento
- n = número muestral

d. Suma de cuadrados totales (SCT)

$$\sum_i \sum_j X_{ij}^2 - FC$$

- X = Valor del dato muestral

e. Suma de cuadrados de tratamiento (SCTR)

$$\sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{n_i} - FC$$



- $T^2 =$ Suma de cuadrados del tratamiento
- $n =$ número muestral de cada tratamiento

f. Suma de cuadrados del error (SCE)

$$SCE = SCT - SCTR$$

g. Cuadrado medio del tratamiento (CMTR)

$$CMTR = \frac{SCTR}{k - 1}$$

- $k =$ número de muestras

h. Cuadrado medio del error (CME)

$$CME = \frac{SCE}{n - k}$$

- $k =$ número de muestras
- $n =$ número muestral

i. F (Prueba de Fisher)

$$F = \frac{CMTR}{CME}$$

Para el análisis estadístico mediante el método ANOVA, para definir la hipótesis tenemos:

- $H_0 = u_1 = u_2 = u_3 = u_4 \dots = u_1$
- $H_1 =$ Al menos una media difiere de la otra

Siendo u las medias muestrales, para determinar con cual hipótesis aceptamos o rechazamos, se determina por la siguiente expresión:



Si $F_{cal} > F_{tabla}$, Se rechaza H_0

Si $F_{cal} < F_{tabla}$, Se rechaza H_1

- F_{cal} = F calculado.
- F_{tabla} = F de tabla de Fisher (Anexo 02)

Si se acepta la H_1 = Hipótesis alterna, posteriormente se calcula las diferencias entre los grupos, mediante el procedimiento de Tukey (el método T).

3.12.2.2. Procedimiento de Tukey

Según Devore (2008), El procedimiento de Tukey implica utilizar otra distribución de probabilidad llamada distribución de rango estudentizado que se muestra en el Anexo 02. La distribución depende de dos parámetros: un grado de libertad asociado con el numerador (m) y un grado de libertad asociado con el denominador (v), esa fórmula es indicada por Devore (2008).

Con la probabilidad $1-\alpha$, se tiene la siguiente expresión:

$$\bar{x}_i - \bar{x}_j - Q_{\alpha, I, I(J-1)} \sqrt{\frac{CME}{J}} \leq u_1 - u_j \leq \bar{x}_i - \bar{x}_j + Q_{\alpha, I, I(J-1)} \sqrt{\frac{CME}{J}}$$

Para cada i y j ($i=1, \dots, I$ y $j=1, \dots, I$), con $i < j$, donde CME es el Cuadrado medio del error, J es una muestra aleatoria de observaciones de cada uno.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE CEMENTO PORTLAND

4.1.1. Ensayo de densidad del cemento portland.

Los resultados de la densidad del cemento portland se muestran en las tablas 31 y 32, que fueron ensayados según lo establecido la norma NTP 334.005 (2018).

Tabla 31

Resultado de ensayo de densidad del cemento portland tipo IP.

| DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND TIPO IP | | | | |
|----------------------------------------------|--------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Descripción | Unidad | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
| Peso de frasco más líquido | gr | 313.08 | 312.90 | 312.95 |
| Peso del frasco más líquido y cemento | gr | 377.08 | 376.90 | 376.95 |
| Peso del cemento | gr | 64.00 | 64.00 | 64.00 |
| Marca de graduación inicial | cm ³ | 0.50 | 0.00 | 0.04 |
| Marca de graduación final | cm ³ | 23.50 | 23.10 | 22.80 |
| Volumen de la muestra | cm ³ | 23.00 | 23.10 | 22.76 |
| Peso unitario | gr/cm ³ | 2.783 | 2.771 | 2.812 |
| Promedio de la densidad | gr/cm³ | | 2.79 | |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 31, se presenta los resultados del ensayo de densidad del cemento portland tipo IP, en donde se obtiene una densidad de 2.79 gr/cm³.

Tabla 32*Resultado de ensayo de densidad del cemento portland tipo I.*

| DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I | | | | |
|---------------------------------------------|--------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Descripción | Unidad | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
| Peso de frasco más líquido | gr | 313.17 | 312.91 | 313.08 |
| Peso del frasco más líquido y cemento | gr | 377.17 | 376.91 | 377.08 |
| Peso del cemento | gr | 64.00 | 64.00 | 64.00 |
| Marca de graduación inicial | cm ³ | 0.60 | 0.00 | 0.50 |
| Marca de graduación final | cm ³ | 21.10 | 20.40 | 21.00 |
| Volumen de la muestra | cm ³ | 20.50 | 20.40 | 20.50 |
| Peso unitario | gr/cm ³ | 3.122 | 3.137 | 3.122 |
| Promedio del peso unitario | gr/cm³ | | 3.13 | |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 32, se presenta los resultados del ensayo de densidad del cemento portland tipo I, en donde se obtiene una densidad de 3.13 gr/cm³.

4.2. RESULTADOS DE ENSAYO DE AGREGADOS

Se presentarán los resultados del agregado fino y grueso de la cantera Viluyo, que fueron ensayados en el laboratorio de construcciones de la escuela profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional del altiplano.

4.2.1. Ensayo de análisis granulométrico de agregados

Los resultados del análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera Viluyo en la tabla 33 y figura 46; y del agregado fino en las tablas 33 y figura 47.

Tabla 33

Ensayo de granulometría del agregado grueso

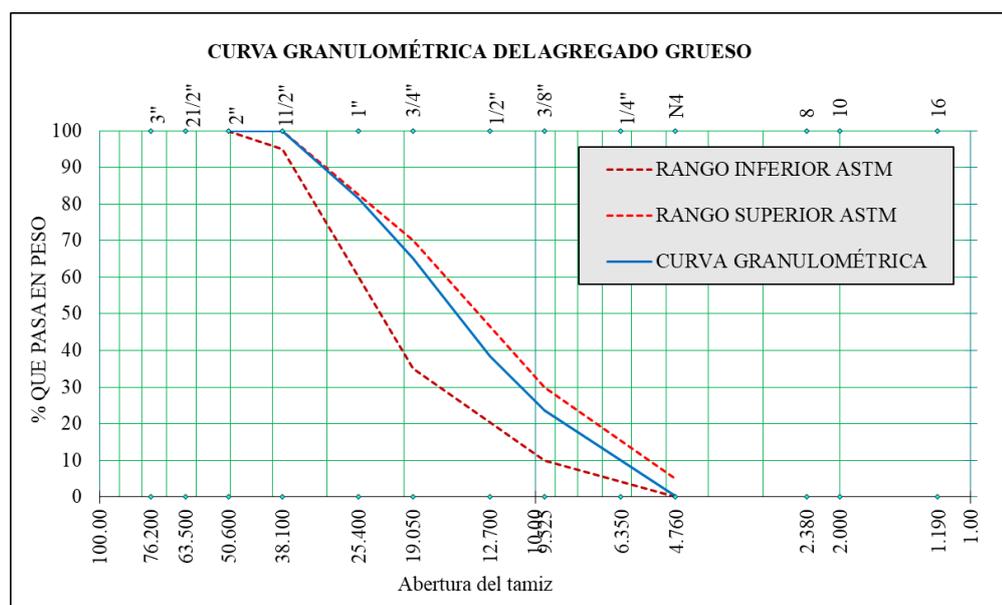
| Tamices ASTM | Peso retenido (gr) | Peso Parcial (gr) | % Peso Retenido | % Que pasa | Especificaciones ASTM Min. - Máx. | | Resultados |
|--------------|--------------------|-------------------|-----------------|------------|-----------------------------------|--------|------------------------------------|
| 2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | P. Muestra: 10,672.00 kg |
| 1 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 95.00 | 100.00 | |
| 1" | 1,983.97 | 1,984.27 | 18.59 | 81.41 | | | T.M. |
| 3/4" | 1,734.78 | 1,735.08 | 16.26 | 65.15 | 35.00 | 70.00 | 1 1/2" |
| 1/2" | 2,859.88 | 2,860.18 | 26.80 | 38.35 | | | T.M.N. |
| 3/8" | 1,577.50 | 1,577.80 | 14.78 | 23.56 | 10.00 | 30.00 | 1" |
| N° 4 | 2,480.68 | 2,481.20 | 23.25 | 0.31 | 0.00 | 5.00 | Mg: |
| Base | 33.47 | 33.47 | 0.31 | 0.00 | | | 7.11 |
| Total | 10,670.28 | 10,672.00 | 100.00 | | | | |
| Error | 1.72 | | | | | | |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 33, se presenta el análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera Viluyo, en donde el tamaño máximo (T.M.) es 1 1/2", el tamaño nominal es 1" y el módulo de fineza del agregado grueso es 7.11.

Figura 47

Curva Granulométrica del agregado grueso



Nota: Elaboración propia

En la figura 46, se muestra la curva granulométrica del agregado grueso de la cantera Viluyo graficado mediante los resultados de la tabla 34, la cual se encuentra dentro de los límites ASTM especificados en la tabla 34.

Tabla 34

Ensayo de granulometría del agregado grueso

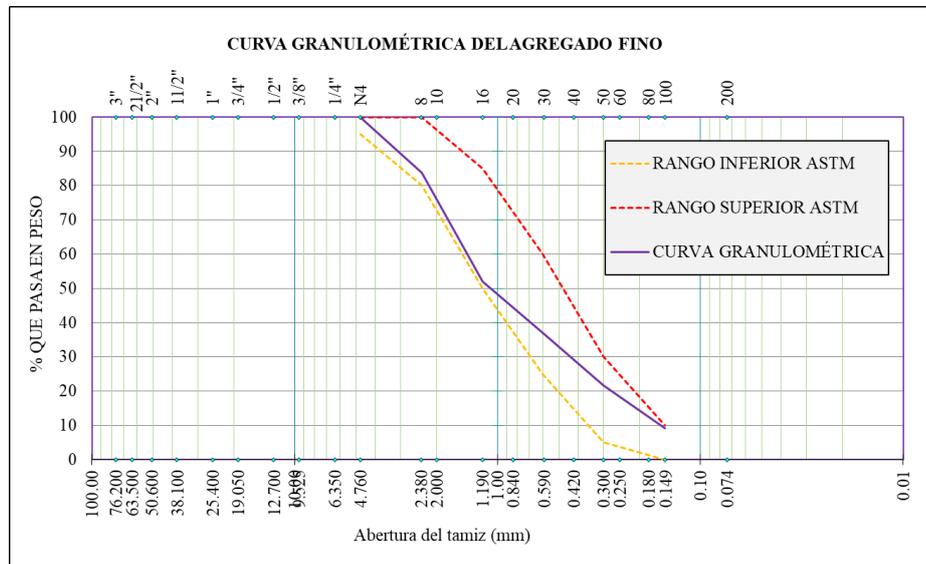
| Tamices ASTM | Peso retenido (gr) | Peso parcial (gr) | % Peso retenido | % Que pasa | Especificaciones ASTM Min. - Máx. | | Resultados |
|---------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------|------------------------------------------|--------|---------------------------------|
| N° 04 | 0.71 | 0.72 | 0.13 | 99.87 | 95.00 | 100.00 | P. Muestra: 553.93 kg |
| N° 08 | 86.31 | 86.32 | 16.17 | 83.70 | 80.00 | 100.00 | |
| N° 16 | 168.90 | 168.91 | 31.64 | 52.06 | 50.00 | 85.00 | Mf: 2.97 |
| N° 30 | 79.99 | 80.00 | 14.98 | 37.08 | 25.00 | 60.00 | |
| N° 50 | 82.49 | 82.50 | 15.45 | 21.63 | 5.00 | 30.00 | |
| N° 100 | 66.60 | 66.61 | 12.48 | 9.15 | 0.00 | 10.00 | |
| N° 200 | 44.55 | 44.56 | 8.35 | 0.81 | | | |
| Base | 4.31 | 4.31 | 0.81 | 0.00 | | | |
| Total | 533.86 | 533.93 | 100.00 | | | | |
| Error | 0.07 | | | | | | |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 34, se presenta el análisis granulométrico del agregado fino de la cantera Viluyo, en módulo de fineza del agregado fino es 2.97.

Figura 48

Curva granulométrica del agregado fino



Nota: Elaboración propia

En la figura 48, se muestra la curva granulométrica del agregado fino de la cantera Viluyo graficado mediante los resultados de la tabla 34, la cual se encuentra dentro de los límites ASTM especificados en la tabla 34.

4.2.2. Ensayo del peso específico y absorción del agregado

Los resultados obtenidos del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso y fino se detallan en las tablas 35 y 36.

Tabla 35

Peso específico y absorción del agregado grueso

| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad |
|------|------------------------------------------------------------|--------------------|----------|
| A | Peso de la muestra saturada superficialmente seca | gr | 4000.00 |
| B | Peso de la canastilla sumergida | gr | 859.80 |
| C | Peso de la canastilla sumergida + muestra SSS sumergida | gr | 3283.70 |
| D | Peso de la muestra superficialmente seca sumergida al agua | gr | 2423.90 |
| E | Peso de la muestra secada al horno | gr | 3880.75 |
| 1 | Peso específico aparente | gr/cm ³ | 2.46 |
| 2 | Porcentaje de absorción | % | 3.07 |

Nota: Elaboración propia



En la tabla 35, se presenta las características del peso específico aparente y absorción del agregado grueso de la cantera Viluyo, que fueron realizados en laboratorio según procedimientos de la NTP 400.021, presentando un peso específico aparente de 2.46 gr/cm³ y un porcentaje de absorción de 3.07%.

Tabla 36

Peso específico y absorción del agregado fino

| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|
| A | Peso de la muestra de arena superficialmente seca | gr | 500.00 |
| B | Peso del picnómetro + peso del agua | gr | 708.36 |
| C | Peso de la muestra de arena superficialmente seca + peso del picnómetro + peso del agua | gr | 1012.75 |
| D | Peso de la arena secada al horno | gr | 483.69 |
| 1 | Peso específico aparente | gr/cm ³ | 2.47 |
| 2 | Porcentaje de absorción | % | 3.37 |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 36, se presenta las características del peso específico aparente y absorción del agregado fino de la cantera Viluyo, que fueron realizados en laboratorio según procedimientos de la NTP 400.022, presentando un peso específico aparente de 2.47 gr/cm³ y un porcentaje de absorción de 3.37%.

4.2.3. Ensayo del peso unitario suelto y compactado del agregado

Los ensayos obtenidos del ensayo de peso suelto del agregado se muestran en las tablas 37 y 38, y peso compactado del agregado en las tablas 39 y 40.

Tabla 37*Peso unitario suelto del agregado grueso*

| Descripción | Und. | Muestra | Muestra II | Muestra III |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------|-------------------|--------------------|
| Peso del molde | Kg | 10.01 | 10.01 | 10.01 |
| Altura del molde | cm | 30.40 | 30.40 | 30.40 |
| Diámetro del molde | cm | 15.05 | 15.05 | 15.05 |
| Peso molde + muestra | Kg | 18.40 | 18.39 | 18.35 |
| Peso de la muestra | Kg | 8.39 | 8.38 | 8.34 |
| Volumen del molde | cm ³ | 5,408.01 | 5,408.01 | 5,408.01 |
| Peso unitario | Kg/m ³ | 1,551.40 | 1,549.55 | 1,542.16 |
| Promedio del peso unitario | Kg/m³ | | 1547.70 | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 37, se presenta las características del peso unitario suelto del agregado grueso de la cantera Viluyo, que fueron realizados en laboratorio según procedimientos de la NTP 400.017, presentando un peso unitario suelto del agregado grueso de 1547.70 kg/cm².

Tabla 38*Peso unitario compactado del agregado grueso*

| Descripción | Und. | Muestra I | Muestra II | Muestra III |
|-----------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Peso del molde | Kg | 10.01 | 10.01 | 10.01 |
| Altura del molde | cm | 30.40 | 30.40 | 30.40 |
| Diámetro del molde | cm | 15.05 | 15.05 | 15.05 |
| Peso molde + muestra | Kg | 19.04 | 19.05 | 19.11 |
| Peso de la muestra | Kg | 9.03 | 9.04 | 9.10 |
| Volumen del molde | cm ³ | 5,408.01 | 5,408.01 | 5,408.01 |
| Peso unitario | Kg/m ³ | 1,669.75 | 1,671.59 | 1,682.69 |
| Promedio del peso unitario | Kg/m³ | | 1674.68 | |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 38, se presenta las características del peso unitario compactado del agregado grueso de la cantera Viluyo, que fueron realizados en laboratorio



según procedimientos de la NTP 400.017, presentando un peso unitario compactado del agregado grueso de 1674.68 kg/cm².

Tabla 39

Peso unitario suelto del agregado fino

| Descripción | Und. | Muestra I | Muestra II | Muestra III |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------|----------------|-------------|
| Peso del molde | Kg | 10.01 | 10.01 | 10.01 |
| Altura del molde | cm | 30.40 | 30.40 | 30.40 |
| Diámetro del molde | cm | 15.05 | 15.05 | 15.05 |
| Peso molde + muestra | Kg | 18.385 | 18.440 | 18.395 |
| Peso de la muestra | Kg | 8.375 | 8.430 | 8.385 |
| Volumen del molde | cm ³ | 5,408.01 | 5,408.01 | 5,408.01 |
| Peso unitario | Kg/m ³ | 1,548.63 | 1,558.80 | 1,550.48 |
| Promedio del peso unitario | Kg/m³ | | 1552.64 | |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 39, se presenta las características del peso unitario suelto del agregado fino de la cantera Viluyo, que fueron realizados en laboratorio según procedimientos de la NTP 400.017, presentando un peso unitario suelto del agregado fino de 1552.64 kg/cm².

Tabla 40

Peso unitario compactado del agregado fino

| Descripción | Und. | Muestra I | Muestra II | Muestra III |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------|----------------|--------------|
| Peso del molde | Kg | 10.01 | 10.01 | 10.01 |
| Altura del molde | cm | 30.40 | 30.40 | 30.40 |
| Diámetro del molde | cm | 15.05 | 15.05 | 15.05 |
| Peso molde + muestra | Kg | 18.93 | 18.95 | 18.94 |
| Peso de la muestra | Kg | 8.92 | 8.94 | 8.93 |
| Volumen del molde | cm ³ | 5,408.01 | 5,408.01 | 5,408.01 |
| Peso unitario | Kg/m ³ | 1,649.41 | 1,652.1 8 | 1,650.3 3 |
| Promedio del peso unitario | Kg/m³ | | 1650.64 | |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 40, se presenta las características del peso unitario compactado del agregado fino de la cantera Viluyo, que fueron realizados en laboratorio según procedimientos de la NTP 400.017, presentando un peso unitario compactado del agregado fino de 1650.64 kg/cm².

4.2.4. Ensayo de contenido de humedad de los agregados

Los resultados obtenidos del ensayo del contenido de humedad del agregado grueso y fino se detallan en las tablas 41 y 42.

Tabla 41

Contenido de humedad del agregado grueso

| Descripción | Und. | Muestra 01 | Muestra 02 | Muestra 03 |
|--------------------------------------|----------|------------|-------------|------------|
| Peso de tara | gr. | 118.85 | 113.64 | 117.54 |
| Peso de tara + M. Húmeda | gr. | 1,694.00 | 1,833.54 | 1,705.00 |
| Peso de tara + M. Seca | gr. | 1,674.35 | 1,810.79 | 1,682.92 |
| Peso de agua | gr. | 19.65 | 22.75 | 22.08 |
| Peso muestra seca | gr. | 1,555.50 | 1,697.15 | 1,565.38 |
| Contenido de humedad W% | % | 1.26 | 1.34 | 1.41 |
| Promedio cont. Humedad W% | % | | 1.34 | |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 41, se presenta las características del contenido de humedad del agregado grueso de la cantera Viluyo, que fueron realizados en laboratorio según procedimientos de la NTP 339.185, presentando un contenido de humedad del agregado grueso de 1.34%.

Tabla 42

Contenido de humedad del agregado fino

| Descripción | Und. | Muestra-01 | Muestra-02 | Muestra-03 |
|----------------------------------|----------|------------|-------------|------------|
| Peso de tara | gr. | 51.34 | 57.90 | 62.99 |
| Peso de tara + M. Húmeda | gr. | 604.42 | 590.71 | 608.16 |
| Peso de tara + M. Seca | gr. | 592.82 | 579.54 | 596.60 |
| Peso de agua | gr. | 11.60 | 11.17 | 11.56 |
| Peso muestra seca | gr. | 541.48 | 521.64 | 533.61 |
| Contenido de humedad W% | % | 2.14 | 2.14 | 2.17 |
| Promedio cont. Humedad W% | % | | 2.15 | |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 42, se presenta las características del contenido de humedad del agregado fino de la cantera Viluyo, que fueron realizados en laboratorio según procedimientos de la NTP 339.185, presentando un contenido de humedad del agregado fino de 2.15%.

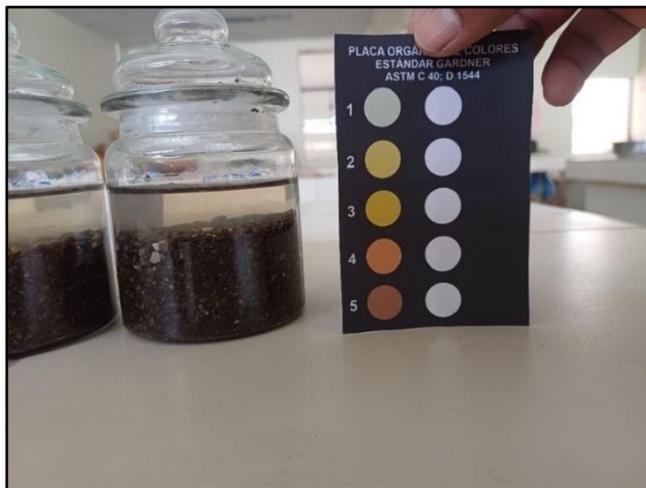
4.3. RESULTADO DE ENSAYOS QUÍMICOS DEL AGREGADO

4.3.1. Ensayo de impurezas orgánicas en el agregado fino.

El resultado obtenido del ensayo de impurezas orgánicas del agregado fino de la cantera Viluyo se muestra en la figura 49, la obtención de resultados es mediante proceso cualitativo, el procedimiento del ensayo fue realizado en laboratorio según procedimiento de la NTP 400.024, presentando un resultado según la placa de colores de Gardner un color de nivel 1, concluyendo que tiene un bajo contenido de presencia de orgánica en el agregado fino, siendo apto para el uso en concreto.

Figura 49

Resultados de impurezas orgánicas del agregado fino.



Nota: Elaboración propia

4.4. RESULTADO DE ENSAYOS MECÁNICOS DEL AGREGADO

4.4.1. Ensayo de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

El resultado obtenido del ensayo para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles del agregado grueso de la cantera Viluyo se muestra en la tabla 43, el procedimiento del ensayo fue realizado en laboratorio según procedimiento de la NTP 400.020, obteniendo un resultado al desgaste de 23.64%, que indica que el agregado grueso es altamente resistente al desgaste, siendo ideal para concretos sometidos a una alta fricción.



Tabla 43

Resultados de abrasión de los ángeles, agregado grueso

| Retenido en | Peso (gr) |
|-------------------------|------------------|
| 1" | 1251.00 |
| 3/4" | 1250.00 |
| 1/2" | 1253.00 |
| 3/8" | 1250.00 |
| Total | 5004.00 |
| En tamiz (N° 12) | 3821.00 |
| % desgaste | 23.64% |

Nota: Elaboración propia

4.5. RESULTADOS DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO

FRESCO

4.5.1. Ensayo de asentamiento del concreto fresco

Se muestra los resultados del asentamiento del concreto, a continuación:

Tabla 44

Resultados de asentamiento para concreto con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua

| Muestra | Slump (cm) |
|----------------|-------------------|
| IP-Patrón | 8.50 cm |
| IP+01%CC | 8.30 cm |
| IP+02%CC | 8.00 cm |
| IP+03%CC | 7.70 cm |
| IP+04%CC | 7.60 cm |
| IP+01%SA | 8.40 cm |
| IP+02%SA | 8.10 cm |
| IP+03%SA | 7.90 cm |
| IP+04%SA | 7.60 cm |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 44, se muestra los resultados obtenidos del ensayo de consistencia del concreto de muestras realizadas con cemento portland tipo IP, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y a base de sales alcalinas en dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4%, realizado mediante procedimientos indicados en la NTP 339.035, obteniendo que la muestra patrón tiene 8.50 cm de slump y adición de aditivos acelerantes de fragua a base cloruro de calcio y sales alcalinas reduce la consistencia del concreto con cemento portland tipo IP, teniendo en claro que se realizó el diseño del concreto para un slump de 7.50 cm a 10 cm.

Tabla 45

Resultados de asentamiento para concreto con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua

| Muestra | Slump (cm) |
|----------------|-------------------|
| I-Patrón | 10.00 |
| I+01%CC | 9.80 cm |
| I+02%CC | 9.80 cm |
| I+03%CC | 9.70 cm |
| I+04%CC | 9.60 cm |
| I+01%SA | 9.70 cm |
| I+02%SA | 9.60 cm |
| I+03%SA | 9.50 cm |
| I+04%SA | 9.50 cm |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 45, se muestra los resultados obtenidos del ensayo de consistencia del concreto de muestras realizadas con cemento portland tipo I, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y a base de sales

alcalinas en dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4%, realizado mediante procedimientos indicados en la NTP 339.035, obteniendo que la muestra patrón tiene 10 cm de slump y la adición de aditivos acelerantes de fragua a base cloruro de calcio y sales alcalinas reduce la consistencia del concreto con cemento portland tipo I, teniendo en claro que se realizó el diseño del concreto para un slump de 7.50 cm a 10 cm.

4.5.2. Ensayo de temperatura del concreto fresco

Se muestra los resultados del ensayo de temperatura del concreto fresco para diferentes eventos como se muestra en la tabla 46 y 47.

Tabla 46

Resultados de temperatura para concreto fresco con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua

| Muestra | Temperatura (C°) |
|-----------|------------------|
| IP-Patrón | 14.80 |
| IP+01%CC | 14.70 |
| IP+02%CC | 14.60 |
| IP+03%CC | 14.30 |
| IP+04%CC | 14.30 |
| IP+01%SA | 15.70 |
| IP+02%SA | 15.50 |
| IP+03%SA | 15.30 |
| IP+04%SA | 15.10 |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 46, se muestra los resultados obtenidos del ensayo de temperatura del concreto fresco de muestras realizadas con cemento portland tipo IP, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y a base de sales alcalinas en dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4%, realizado mediante procedimientos indicados en la norma ASTM C1064, obteniendo que la muestra patrón tiene una temperatura de 14.80 °C y la adición de aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio reduce la temperatura, sin embargo la adición de acelerante de fragua a base de sales alcalinas aumenta la temperatura del concreto con cemento portland tipo IP.

Tabla 47

Resultados de temperatura para concreto fresco con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua

| Muestra | Temperatura (C°) |
|----------------|-------------------------|
| I-Patrón | 14.60 |
| I+01%CC | 14.70 |
| I+02%CC | 15.10 |
| I+03%CC | 15.20 |
| I+04%CC | 15.20 |
| I+01%SA | 15.00 |
| I+02%SA | 15.20 |
| I+03%SA | 15.40 |
| I+04%SA | 15.40 |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 47, se muestra los resultados obtenidos del ensayo de temperatura del concreto fresco de muestras realizadas con cemento portland tipo I, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y a base de sales



alcalinas en dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4%, realizado mediante procedimientos indicados en la norma ASTM C1064, obteniendo que la muestra patrón tiene una temperatura de 14.60 °C y la adición de aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas aumenta la temperatura del concreto.

4.6. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

4.6.1. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días.

Se detalla en las tablas 48 al 65, los resultados de la resistencia a la compresión del concreto ensayados en laboratorio según lo indicado en la NTP 339.034 para 7, 14 y 28 días de edad, para muestras de concreto elaborados con aditivos acelerantes de fragua base de cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4%, en concreto elaborados con cemento portland tipo IP y tipo I, con estos resultados posteriormente se analizara su desviación estándar en las tablas 66 y 67, y además con el procesamiento de estos resultados se obtiene los gráficos en las figuras 50 al 53, que muestran la comparación de las resistencia obtenidas a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 48.

Resultados de ensayo a la resistencia a la compresión del concreto, elaborado con cemento portland tipo IP sin aditivos.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm2) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm2) | % f'c | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|-----------------|-------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------|--------------|---------|--------------|----------------|
| IP-PATRÓN (M-1) | 02/09/24 | 09/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.05 | 25022 | 140.66 | 66.98% | | |
| IP-PATRÓN (M-2) | 02/09/24 | 09/09/24 | 7 | 210 | 15.03 | 15.04 | 24224 | 136.35 | 64.93% | 139.04 | 66.21% |
| IP-PATRÓN (M-3) | 02/09/24 | 09/09/24 | 7 | 210 | 15.02 | 15.05 | 24890 | 140.10 | 66.71% | | |
| IP-PATRÓN (M-4) | 02/09/24 | 16/09/24 | 14 | 210 | 15.04 | 15.05 | 31697 | 178.18 | 84.85% | | |
| IP-PATRÓN (M-5) | 02/09/24 | 16/09/24 | 14 | 210 | 15.07 | 15.04 | 31594 | 177.36 | 84.46% | 179.88 | 85.66% |
| IP-PATRÓN (M-6) | 02/09/24 | 16/09/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.00 | 32663 | 184.10 | 87.67% | | |
| IP-PATRÓN (M-7) | 02/09/24 | 30/09/24 | 28 | 210 | 15.03 | 15.02 | 37211 | 209.73 | 99.87% | | |
| IP-PATRÓN (M-8) | 02/09/24 | 30/09/24 | 28 | 210 | 15.02 | 15.04 | 37267 | 210.05 | 100.02% | 210.92 | 100.44% |
| IP-PATRÓN (M-9) | 02/09/24 | 30/09/24 | 28 | 210 | 15.03 | 15.03 | 37785 | 212.97 | 101.41% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 48, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo IP sin aditivos acelerantes de fragua, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 139.04, 179.88 y 210.92 kg/cm2 respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 66.21%, 85.66% y 100.44%, cumpliendo con la resistencia a la compresión requerida a los 28 días.

Tabla 49

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 01% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c promedio | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|----------------|--------------|----------------|
| IP+01%CC (M-1) | 02/09/24 | 09/09/24 | 7 | 210 | 15.05 | 15.03 | 23889 | 134.47 | 64.03% | | |
| IP+01%CC (M-2) | 02/09/24 | 09/09/24 | 7 | 210 | 15.03 | 15.04 | 23846 | 134.22 | 63.91% | 135.39 | 64.47% |
| IP+01%CC (M-3) | 02/09/24 | 09/09/24 | 7 | 210 | 15.05 | 15.04 | 24458 | 137.49 | 65.47% | | |
| IP+01%CC (M-4) | 02/09/24 | 16/09/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.04 | 26906 | 151.25 | 72.02% | | |
| IP+01%CC (M-5) | 02/09/24 | 16/09/24 | 14 | 210 | 15.02 | 15.04 | 27802 | 156.70 | 74.62% | 155.16 | 73.89% |
| IP+01%CC (M-6) | 02/09/24 | 16/09/24 | 14 | 210 | 15.03 | 15.02 | 27947 | 157.52 | 75.01% | | |
| IP+01%CC (M-7) | 02/09/24 | 30/09/24 | 28 | 210 | 15.04 | 15.05 | 34076 | 191.55 | 91.21% | | |
| IP+01%CC (M-8) | 02/09/24 | 30/09/24 | 28 | 210 | 15.03 | 15.05 | 33577 | 189.00 | 90.00% | 190.32 | 90.63% |
| IP+01%CC (M-9) | 02/09/24 | 30/09/24 | 28 | 210 | 15.07 | 15.08 | 34009 | 190.42 | 90.68% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 49, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo IP con una dosificación del 01% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 135.39, 155.16 y 190.32 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 64.47%, 73.89% y 90.63%.

Tabla 50

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 02% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c promedio | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|----------------|--------------|----------------|
| IP+02%CC (M-1) | 02/09/24 | 09/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.05 | 23335 | 131.17 | 62.46% | | |
| IP+02%CC (M-2) | 02/09/24 | 09/09/24 | 7 | 210 | 15.03 | 15.04 | 23346 | 131.41 | 62.58% | 130.77 | 62.27% |
| IP+02%CC (M-3) | 02/09/24 | 09/09/24 | 7 | 210 | 15.05 | 15.05 | 23080 | 129.74 | 61.78% | | |
| IP+02%CC (M-4) | 02/09/24 | 16/09/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.07 | 26508 | 148.61 | 70.77% | | |
| IP+02%CC (M-5) | 02/09/24 | 16/09/24 | 14 | 210 | 15.09 | 15.05 | 26110 | 146.38 | 69.70% | 146.45 | 69.74% |
| IP+02%CC (M-6) | 02/09/24 | 16/09/24 | 14 | 210 | 15.08 | 15.05 | 25749 | 144.36 | 68.74% | | |
| IP+02%CC (M-7) | 02/09/24 | 30/09/24 | 28 | 210 | 15.06 | 15.05 | 29577 | 166.04 | 79.07% | | |
| IP+02%CC (M-8) | 02/09/24 | 30/09/24 | 28 | 210 | 15.05 | 15.06 | 28313 | 158.94 | 75.69% | 161.43 | 76.87% |
| IP+02%CC (M-9) | 02/09/24 | 30/09/24 | 28 | 210 | 15.07 | 15.07 | 28418 | 159.32 | 75.87% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 50, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo IP con una dosificación del 02% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 130.77, 146.45 y 161.43 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 62.27%, 69.74% y 76.87%.

Tabla 51

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 03% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c promedio | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|----------------|--------------|----------------|
| IP+03%CC (M-1) | 09/09/24 | 16/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.05 | 21374 | 120.15 | 57.21% | | |
| IP+03%CC (M-2) | 09/09/24 | 16/09/24 | 7 | 210 | 15.05 | 15.05 | 20981 | 117.94 | 56.16% | 121.00 | 57.62% |
| IP+03%CC(M-3) | 09/09/24 | 16/09/24 | 7 | 210 | 15.06 | 15.07 | 22281 | 124.92 | 59.49% | | |
| IP+03%CC (M-4) | 09/09/24 | 23/09/24 | 14 | 210 | 15.04 | 15.02 | 24715 | 139.30 | 66.33% | | |
| IP+03%CC (M-5) | 09/09/24 | 23/09/24 | 14 | 210 | 15.02 | 15.04 | 24030 | 135.44 | 64.50% | 136.19 | 64.85% |
| IP+03%CC (M-6) | 09/09/24 | 23/09/24 | 14 | 210 | 15.03 | 15.08 | 23838 | 133.82 | 63.72% | | |
| IP+03%CC (M-7) | 09/09/24 | 07/10/24 | 28 | 210 | 15.07 | 15.05 | 26425 | 148.35 | 70.64% | | |
| IP+03%CC (M-8) | 09/09/24 | 07/10/24 | 28 | 210 | 15.05 | 15.06 | 25885 | 145.31 | 69.20% | 147.13 | 70.06% |
| IP+03%CC (M-9) | 09/09/24 | 07/10/24 | 28 | 210 | 15.05 | 15.09 | 26350 | 147.73 | 70.35% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 51, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo IP con una dosificación del 03% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 121.00, 136.19 y 174.13 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 57.62%, 64.85% y 70.06%.

Tabla 52

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 04% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c promedio | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|----------------|--------------|----------------|
| IP+04%CC (M-1) | 09/09/24 | 16/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.06 | 18967 | 106.62 | 50.77% | | |
| IP+04%CC (M-2) | 09/09/24 | 16/09/24 | 7 | 210 | 15.02 | 15.04 | 19099 | 107.65 | 51.26% | 109.01 | 51.91% |
| IP+04%CC (M-3) | 09/09/24 | 16/09/24 | 7 | 210 | 15.03 | 15.07 | 20061 | 112.77 | 53.70% | | |
| IP+04%CC (M-4) | 09/09/24 | 23/09/24 | 14 | 210 | 15.05 | 15.06 | 22953 | 128.85 | 61.36% | | |
| IP+04%CC (M-5) | 09/09/24 | 23/09/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.05 | 21908 | 122.99 | 58.57% | 126.17 | 60.08% |
| IP+04%CC (M-6) | 09/09/24 | 23/09/24 | 14 | 210 | 15.02 | 15.04 | 22474 | 126.67 | 60.32% | | |
| IP+04%CC (M-7) | 09/09/24 | 07/10/24 | 28 | 210 | 15.06 | 15.07 | 23912 | 134.06 | 63.84% | | |
| IP+04%CC (M-8) | 09/09/24 | 07/10/24 | 28 | 210 | 15.06 | 15.05 | 24286 | 136.34 | 64.92% | 134.60 | 64.10% |
| IP+04%CC (M-9) | 09/09/24 | 07/10/24 | 28 | 210 | 15.07 | 15.04 | 23764 | 133.41 | 63.53% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 52, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo IP con una dosificación del 04% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 109.01, 126.17 y 134.60 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 57.62%, 64.85% y 70.06%.

Tabla 53

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 01% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c promedio | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|----------------|--------------|----------------|
| | | | | | | | | | | | |
| IP+01%SA (M-1) | 09/09/24 | 16/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.03 | 25905 | 145.81 | 69.43% | | |
| IP+01%SA (M-2) | 09/09/24 | 16/09/24 | 7 | 210 | 15.05 | 15.06 | 25604 | 143.74 | 68.45% | 145.37 | 69.22% |
| IP+01%SA (M-3) | 09/09/24 | 16/09/24 | 7 | 210 | 15.08 | 15.09 | 26209 | 146.55 | 69.79% | | |
| IP+01%SA (M-4) | 09/09/24 | 23/09/24 | 14 | 210 | 15.50 | 15.05 | 30720 | 167.53 | 79.78% | | |
| IP+01%SA (M-5) | 09/09/24 | 23/09/24 | 14 | 210 | 15.07 | 15.04 | 31025 | 174.17 | 82.94% | 171.77 | 81.80% |
| IP+01%SA (M-6) | 09/09/24 | 23/09/24 | 14 | 210 | 15.07 | 15.03 | 30882 | 173.60 | 82.67% | | |
| IP+01%SA (M-7) | 09/09/24 | 07/10/24 | 28 | 210 | 15.04 | 15.03 | 35615 | 200.47 | 95.46% | | |
| IP+01%SA (M-8) | 09/09/24 | 07/10/24 | 28 | 210 | 15.03 | 15.08 | 35064 | 196.84 | 93.73% | 199.71 | 95.10% |
| IP+01%SA (M-9) | 09/09/24 | 07/10/24 | 28 | 210 | 15.04 | 15.05 | 35905 | 201.83 | 96.11% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 53, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo IP con una dosificación del 01% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 145.37, 171.77 y 199.71 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 69.22%, 81.80% y 95.10%.

Tabla 54

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 02% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c promedio | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|----------------|--------------|----------------|
| IP+02%SA (M-1) | 10/09/24 | 17/09/24 | 7 | 210 | 15.06 | 15.07 | 26368 | 147.83 | 70.40% | | |
| IP+02%SA (M-2) | 10/09/24 | 17/09/24 | 7 | 210 | 15.06 | 15.05 | 26569 | 149.15 | 71.02% | 150.22 | 71.53% |
| IP+02%SA (M-3) | 10/09/24 | 17/09/24 | 7 | 210 | 15.03 | 15.06 | 27338 | 153.68 | 73.18% | | |
| IP+02%SA (M-4) | 10/09/24 | 24/09/24 | 14 | 210 | 15.05 | 15.04 | 30414 | 170.97 | 81.41% | | |
| IP+02%SA (M-5) | 10/09/24 | 24/09/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.07 | 30835 | 172.87 | 82.32% | 169.96 | 80.93% |
| IP+02%SA (M-6) | 10/09/24 | 24/09/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.08 | 29614 | 166.03 | 79.06% | | |
| IP+02%SA (M-7) | 10/09/24 | 08/10/24 | 28 | 210 | 15.09 | 15.07 | 34782 | 194.74 | 92.73% | | |
| IP+02%SA (M-8) | 10/09/24 | 08/10/24 | 28 | 210 | 15.08 | 15.06 | 35002 | 196.23 | 93.44% | 196.43 | 93.54% |
| IP+02%SA (M-9) | 10/09/24 | 08/10/24 | 28 | 210 | 15.06 | 15.06 | 35328 | 198.33 | 94.44% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 54, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo IP con una dosificación del 02% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 150.22, 169.96 y 196.43 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 71.53%, 80.93% y 93.54%.

Tabla 55

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 03% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c promedio | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|----------------|--------------|----------------|
| | | | | | | | | | | | |
| IP+03%SA (M-1) | 16/09/24 | 23/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.05 | 26938 | 151.43 | 72.11% | | |
| IP+03%SA (M-2) | 16/09/24 | 23/09/24 | 7 | 210 | 15.06 | 15.04 | 27209 | 152.95 | 72.83% | 152.87 | 72.80% |
| IP+03%SA (M-3) | 16/09/24 | 23/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.08 | 27475 | 154.24 | 73.45% | | |
| IP+03%SA (M-4) | 16/09/24 | 30/09/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.07 | 30152 | 169.04 | 80.50% | | |
| IP+03%SA (M-5) | 16/09/24 | 30/09/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.06 | 28927 | 162.39 | 77.33% | 165.23 | 78.68% |
| IP+03%SA (M-6) | 16/09/24 | 30/09/24 | 14 | 210 | 15.08 | 15.10 | 29379 | 164.27 | 78.22% | | |
| IP+03%SA (M-7) | 16/09/24 | 14/10/24 | 28 | 210 | 15.07 | 15.09 | 34351 | 192.33 | 91.59% | | |
| IP+03%SA (M-8) | 16/09/24 | 14/10/24 | 28 | 210 | 15.06 | 15.09 | 33879 | 189.69 | 90.33% | 192.17 | 91.51% |
| IP+03%SA (M-9) | 16/09/24 | 14/10/24 | 28 | 210 | 15.05 | 15.08 | 34692 | 194.50 | 92.62% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 55, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo IP con una dosificación del 03% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 152.87, 165.23 y 192.17 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 72.80%, 78.68% y 91.51%.

Tabla 56

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo IP y 04% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c promedio | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|----------------|--------------|----------------|
| | | | | | | | | | | | |
| IP+04%SA (M-1) | 18/09/24 | 25/09/24 | 7 | 210 | 15.06 | 15.04 | 26549 | 149.24 | 71.07% | | |
| IP+04%SA (M-2) | 18/09/24 | 25/09/24 | 7 | 210 | 15.05 | 15.07 | 27268 | 153.08 | 72.90% | 151.28 | 72.04% |
| IP+04%SA (M-3) | 18/09/24 | 25/09/24 | 7 | 210 | 15.02 | 15.03 | 26882 | 151.51 | 72.15% | | |
| IP+04%SA (M-4) | 18/09/24 | 02/10/24 | 14 | 210 | 15.04 | 15.03 | 29830 | 167.91 | 79.96% | | |
| IP+04%SA (M-5) | 18/09/24 | 02/10/24 | 14 | 210 | 15.08 | 15.09 | 29202 | 163.28 | 77.75% | 163.88 | 78.04% |
| IP+04%SA (M-6) | 18/09/24 | 02/10/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.06 | 28583 | 160.46 | 76.41% | | |
| IP+04%SA (M-7) | 18/09/24 | 16/10/24 | 28 | 210 | 15.07 | 15.08 | 34937 | 195.61 | 93.15% | | |
| IP+04%SA (M-8) | 18/09/24 | 16/10/24 | 28 | 210 | 15.05 | 15.06 | 33656 | 188.94 | 89.97% | 191.78 | 91.32% |
| IP+04%SA (M-9) | 18/09/24 | 16/10/24 | 28 | 210 | 15.07 | 15.08 | 34075 | 190.78 | 90.85% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 56, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo IP con una dosificación del 04% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 151.28, 163.88 y 191.78 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 72.04%, 78.04% y 91.32%.

Tabla 57

Resultados de ensayo a la resistencia a la compresión del concreto, elaborado con cemento portland tipo I sin aditivos.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo | Edad (días) | f'c de diseño | | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|-----------------|-------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|---------|--------------|----------------|
| | | | | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | | | | | | | |
| I-PATRÓN (M-1) | 04/09/24 | 11/09/24 | 7 | 210 | 210 | 15.04 | 15.02 | 34310 | 193.38 | 92.09% | | |
| I-PATRÓN (M-2) | 04/09/24 | 11/09/24 | 7 | 210 | 210 | 15.02 | 15.04 | 33887 | 191.00 | 90.95% | 191.84 | 91.35% |
| I-PATRÓN (M-3) | 04/09/24 | 11/09/24 | 7 | 210 | 210 | 15.03 | 15.02 | 33910 | 191.13 | 91.01% | | |
| I-PATRÓN (M-4) | 04/09/24 | 18/09/24 | 14 | 210 | 210 | 15.05 | 15.06 | 48688 | 273.33 | 130.16% | | |
| I-PATRÓN (M-5) | 04/09/24 | 18/09/24 | 14 | 210 | 210 | 15.07 | 15.08 | 47635 | 266.71 | 127.00% | 270.05 | 128.60% |
| I-PATRÓN (M-6) | 04/09/24 | 18/09/24 | 14 | 210 | 210 | 15.09 | 15.10 | 48372 | 270.12 | 128.63% | | |
| I-PATRÓN (M-7) | 04/09/24 | 02/10/24 | 28 | 210 | 210 | 15.07 | 15.06 | 60649 | 340.02 | 161.91% | | |
| I-PATRÓN (M-8) | 04/09/24 | 02/10/24 | 28 | 210 | 210 | 15.04 | 15.03 | 59635 | 335.67 | 159.84% | 339.64 | 161.73% |
| I-PATRÓN (M-9) | 04/09/24 | 02/10/24 | 28 | 210 | 210 | 15.03 | 15.06 | 61057 | 343.22 | 163.44% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 57, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo I sin aditivos acelerantes de fragua, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 191.84, 270.05 y 339.64 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 91.35%, 128.60% y 161.73%, superando la resistencia a la compresión requerida a los 28 días.

Tabla 58

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 01% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo (días) | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|---------|--------------|----------------|
| | | | | | | | | | | | |
| I+01%CC (M-1) | 04/09/24 | 11/09/24 | 7 | 210 | 15.06 | 15.07 | 41429 | 232.27 | 110.60% | | |
| I+01%CC (M-2) | 04/09/24 | 11/09/24 | 7 | 210 | 15.03 | 15.05 | 40452 | 227.70 | 108.43% | 229.77 | 109.41% |
| I+01%CC (M-3) | 04/09/24 | 11/09/24 | 7 | 210 | 15.05 | 15.04 | 40797 | 229.33 | 109.20% | | |
| I+01%CC (M-4) | 04/09/24 | 18/09/24 | 14 | 210 | 15.04 | 15.05 | 53995 | 303.52 | 144.53% | | |
| I+01%CC (M-5) | 04/09/24 | 18/09/24 | 14 | 210 | 15.07 | 15.05 | 54696 | 307.05 | 146.21% | 306.60 | 146.00% |
| I+01%CC (M-6) | 04/09/24 | 18/09/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.04 | 55013 | 309.24 | 147.26% | | |
| I+01%CC (M-7) | 04/09/24 | 02/10/24 | 28 | 210 | 15.05 | 15.04 | 68551 | 385.35 | 183.50% | | |
| I+01%CC (M-8) | 04/09/24 | 02/10/24 | 28 | 210 | 15.04 | 15.07 | 68327 | 383.58 | 182.66% | 382.47 | 182.13% |
| I+01%CC (M-9) | 04/09/24 | 02/10/24 | 28 | 210 | 15.06 | 15.06 | 67421 | 378.49 | 180.23% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 58, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo I con una dosificación del 01% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 229.77, 306.60 y 382.47 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 109.41%, 146.00% y 182.13%.

Tabla 59

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 02% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo (días) | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|---------|--------------|----------------|
| | | | | | | | | | | | |
| I+02%CC (M-1) | 04/09/24 | 11/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.03 | 41430 | 233.20 | 111.05% | | |
| I+02%CC (M-2) | 04/09/24 | 11/09/24 | 7 | 210 | 15.02 | 15.04 | 42602 | 240.12 | 114.34% | 235.91 | 112.34% |
| I+02%CC (M-3) | 04/09/24 | 11/09/24 | 7 | 210 | 15.05 | 15.06 | 41755 | 234.41 | 111.62% | | |
| I+02%CC (M-4) | 04/09/24 | 18/09/24 | 14 | 210 | 15.07 | 15.08 | 59138 | 331.11 | 157.67% | | |
| I+02%CC (M-5) | 04/09/24 | 18/09/24 | 14 | 210 | 15.09 | 15.04 | 60019 | 336.49 | 160.23% | 333.25 | 158.69% |
| I+02%CC (M-6) | 04/09/24 | 18/09/24 | 14 | 210 | 15.04 | 15.08 | 59165 | 332.14 | 158.16% | | |
| I+02%CC (M-7) | 04/09/24 | 02/10/24 | 28 | 210 | 15.07 | 15.05 | 71095 | 399.12 | 190.06% | | |
| I+02%CC (M-8) | 04/09/24 | 02/10/24 | 28 | 210 | 15.06 | 15.07 | 70417 | 394.79 | 188.00% | 395.02 | 188.10% |
| I+02%CC (M-9) | 04/09/24 | 02/10/24 | 28 | 210 | 15.04 | 15.05 | 69585 | 391.16 | 186.27% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 59, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo I con una dosificación del 02% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 235.91, 333.25 y 395.02 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 112.34%, 158.69% y 188.10%.

Tabla 60

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 03% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo | Edad (días) | f'c de diseño | | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm2) | % f'c promedio | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|-----------------|-------------|---------------|----------|----------------------|-----------------------|------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| | | | | (kg/cm2) | (kg/cm2) | | | | | | | |
| I+03%CC (M-1) | 05/09/24 | 12/09/24 | 7 | 210 | 210 | 15.04 | 15.05 | 43740 | 245.88 | 117.09% | | |
| I+03%CC (M-2) | 05/09/24 | 12/09/24 | 7 | 210 | 210 | 15.06 | 15.05 | 44204 | 248.15 | 118.17% | 246.41 | 117.34% |
| I+03%CC(M-3) | 05/09/24 | 12/09/24 | 7 | 210 | 210 | 15.05 | 15.04 | 43620 | 245.20 | 116.76% | | |
| I+03%CC (M-4) | 05/09/24 | 19/09/24 | 14 | 210 | 210 | 15.03 | 15.05 | 64724 | 364.32 | 173.49% | | |
| I+03%CC(M-5) | 05/09/24 | 19/09/24 | 14 | 210 | 210 | 15.07 | 15.07 | 63980 | 358.70 | 170.81% | 362.75 | 172.74% |
| I+03%CCI (M-6) | 05/09/24 | 19/09/24 | 14 | 210 | 210 | 15.08 | 15.06 | 65145 | 365.23 | 173.92% | | |
| I+03%CC (M-7) | 05/09/24 | 03/10/24 | 28 | 210 | 210 | 15.05 | 15.06 | 69434 | 389.79 | 185.61% | | |
| I+03%CC (M-8) | 05/09/24 | 03/10/24 | 28 | 210 | 210 | 15.04 | 15.09 | 70042 | 392.68 | 186.99% | 393.00 | 187.14% |
| I+03%CC (M-9) | 05/09/24 | 03/10/24 | 28 | 210 | 210 | 15.03 | 15.05 | 70449 | 396.54 | 188.83% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 60, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo I con una dosificación del 03% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 246.41, 362.75 y 393.00 kg/cm2 respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 117.34%, 172.74% y 187.14%.

Tabla 61

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 04% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo (días) | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c | f'c | |
|-------------------------|----------------------|------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|---------|----------|----------------|
| | | | | | | | | | | promedio | % f'c promedio |
| I+04%CC (M-1) | 11/09/24 | 18/09/24 | 7 | 210 | 15.06 | 15.04 | 38940 | 218.89 | 104.23% | | |
| I+04%CC (M-2) | 11/09/24 | 18/09/24 | 7 | 210 | 15.03 | 15.04 | 39926 | 224.73 | 107.01% | 222.89 | 106.14% |
| I+04%CC (M-3) | 11/09/24 | 18/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.06 | 40034 | 225.04 | 107.16% | | |
| I+04%CC (M-4) | 11/09/24 | 25/09/24 | 14 | 210 | 15.05 | 15.08 | 65771 | 368.74 | 175.59% | | |
| I+04%CC (M-5) | 11/09/24 | 25/09/24 | 14 | 210 | 15.08 | 15.09 | 64680 | 361.66 | 172.22% | 365.49 | 174.04% |
| I+04%CC (M-6) | 11/09/24 | 25/09/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.06 | 65210 | 366.08 | 174.32% | | |
| I+04%CC (M-7) | 11/09/24 | 09/10/24 | 28 | 210 | 15.07 | 15.07 | 69897 | 391.87 | 186.60% | | |
| I+04%CC (M-8) | 11/09/24 | 09/10/24 | 28 | 210 | 15.06 | 15.05 | 71702 | 402.52 | 191.68% | 401.02 | 190.96% |
| I+04%CC (M-9) | 11/09/24 | 09/10/24 | 28 | 210 | 15.05 | 15.06 | 72797 | 408.67 | 194.60% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 61, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo I con una dosificación del 04% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 222.89, 365.49 y 401.02 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 106.14%, 174.04% y 190.96%.

Tabla 62

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 01% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo (días) | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|---------|--------------|----------------|
| | | | | | | | | | | | |
| I+01%SA (M-1) | 11/09/24 | 18/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.04 | 42294 | 238.06 | 113.36% | | |
| I+01%SA (M-2) | 11/09/24 | 18/09/24 | 7 | 210 | 15.05 | 15.06 | 41064 | 230.53 | 109.78% | 234.24 | 111.54% |
| I+01%SA (M-3) | 11/09/24 | 18/09/24 | 7 | 210 | 15.07 | 15.06 | 41761 | 234.13 | 111.49% | | |
| I+01%SA (M-4) | 11/09/24 | 25/09/24 | 14 | 210 | 15.08 | 15.09 | 50408 | 281.86 | 134.22% | | |
| I+01%SA (M-5) | 11/09/24 | 25/09/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.05 | 50881 | 285.64 | 136.02% | 285.18 | 135.80% |
| I+01%SA (M-6) | 11/09/24 | 25/09/24 | 14 | 210 | 15.08 | 15.09 | 51515 | 288.05 | 137.17% | | |
| I+01%SA (M-7) | 11/09/24 | 09/10/24 | 28 | 210 | 15.05 | 15.06 | 61081 | 342.90 | 163.29% | | |
| I+01%SA (M-8) | 11/09/24 | 09/10/24 | 28 | 210 | 15.07 | 15.06 | 60153 | 337.24 | 160.59% | 339.77 | 161.80% |
| I+01%SA (M-9) | 11/09/24 | 09/10/24 | 28 | 210 | 15.07 | 15.08 | 60579 | 339.18 | 161.51% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 62, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo I con una dosificación del 01% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 234.24, 285.18 y 339.77 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 111.54%, 135.80% y 161.80%.

Tabla 63

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 02% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo (días) | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|---------|--------------|----------------|
| | | | | | | | | | | | |
| I+02%SA (M-1) | 20/09/24 | 27/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.05 | 47566 | 267.38 | 127.32% | | |
| I+02%SA (M-2) | 20/09/24 | 27/09/24 | 7 | 210 | 15.03 | 15.04 | 46623 | 262.43 | 124.97% | 264.85 | 126.12% |
| I+02%SA (M-3) | 20/09/24 | 27/09/24 | 7 | 210 | 15.05 | 15.05 | 47097 | 264.75 | 126.07% | | |
| I+02%SA (M-4) | 20/09/24 | 04/10/24 | 14 | 210 | 15.03 | 15.05 | 52336 | 294.59 | 140.28% | | |
| I+02%SA (M-5) | 20/09/24 | 04/10/24 | 14 | 210 | 15.07 | 15.05 | 52039 | 292.14 | 139.11% | 291.46 | 138.79% |
| I+02%SA (M-6) | 20/09/24 | 04/10/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.08 | 51307 | 287.65 | 136.98% | | |
| I+02%SA (M-7) | 20/09/24 | 18/10/24 | 28 | 210 | 15.06 | 15.07 | 61949 | 347.31 | 165.39% | | |
| I+02%SA (M-8) | 20/09/24 | 18/10/24 | 28 | 210 | 15.04 | 15.08 | 61455 | 345.00 | 164.29% | 344.30 | 163.95% |
| I+02%SA (M-9) | 20/09/24 | 18/10/24 | 28 | 210 | 15.04 | 15.05 | 60589 | 340.59 | 162.19% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 63, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo I con una dosificación del 02% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 264.85, 291.46 y 344.30 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 126.12%, 138.79% y 163.95%.

Tabla 64

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 03% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo (días) | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|---------|--------------|----------------|
| | | | | | | | | | | | |
| I+03%SA (M-1) | 20/09/24 | 27/09/24 | 7 | 210 | 15.05 | 15.06 | 48646 | 273.09 | 130.04% | | |
| I+03%SA (M-2) | 20/09/24 | 27/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.05 | 48344 | 271.76 | 129.41% | 270.41 | 128.77% |
| I+03%SA (M-3) | 20/09/24 | 27/09/24 | 7 | 210 | 15.06 | 15.06 | 47452 | 266.39 | 126.85% | | |
| I+03%SA (M-4) | 20/09/24 | 04/10/24 | 14 | 210 | 15.06 | 15.05 | 58947 | 330.92 | 157.58% | | |
| I+03%SA (M-5) | 20/09/24 | 04/10/24 | 14 | 210 | 15.07 | 15.06 | 57734 | 323.68 | 154.13% | 327.39 | 155.90% |
| I+03%SA (M-6) | 20/09/24 | 04/10/24 | 14 | 210 | 15.04 | 15.08 | 58348 | 327.56 | 155.98% | | |
| I+03%SA (M-7) | 20/09/24 | 18/10/24 | 28 | 210 | 15.04 | 15.06 | 62999 | 354.14 | 168.64% | | |
| I+03%SA (M-8) | 20/09/24 | 18/10/24 | 28 | 210 | 15.05 | 15.08 | 61983 | 347.50 | 165.48% | 350.99 | 167.14% |
| I+03%SA (M-9) | 20/09/24 | 18/10/24 | 28 | 210 | 15.04 | 15.05 | 62501 | 351.34 | 167.30% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 64, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo I con una dosificación del 03% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 270.41, 327.39 y 350.99 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 128.77%, 155.90% y 167.14%.

Tabla 65

Resultados de la resistencia a la compresión, con cemento portland tipo I y 04% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas.

| Codificación de muestra | Fecha de elaboración | Fecha de ensayo (días) | Edad (días) | f'c de diseño (kg/cm ²) | Primer diámetro (D1) | Segundo diámetro (D2) | Carga (Kg) | f'c (Kg/cm ²) | % f'c | f'c promedio | % f'c promedio |
|-------------------------|----------------------|------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|---------|--------------|----------------|
| | | | | | | | | | | | |
| I+04%SA (M-1) | 20/09/24 | 27/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.05 | 50768 | 285.38 | 135.90% | | |
| I+04%SA (M-2) | 20/09/24 | 27/09/24 | 7 | 210 | 15.04 | 15.06 | 50521 | 283.99 | 135.23% | 282.74 | 134.64% |
| I+04%SA (M-3) | 20/09/24 | 27/09/24 | 7 | 210 | 15.03 | 15.07 | 49605 | 278.84 | 132.78% | | |
| I+04%SA (M-4) | 20/09/24 | 04/10/24 | 14 | 210 | 15.05 | 15.07 | 56938 | 319.64 | 152.21% | | |
| I+04%SA (M-5) | 20/09/24 | 04/10/24 | 14 | 210 | 15.08 | 15.09 | 56911 | 318.22 | 151.53% | 320.44 | 152.59% |
| I+04%SA (M-6) | 20/09/24 | 04/10/24 | 14 | 210 | 15.07 | 15.10 | 57849 | 323.47 | 154.03% | | |
| I+04%SA (M-7) | 20/09/24 | 18/10/24 | 28 | 210 | 15.06 | 15.05 | 63482 | 356.38 | 169.70% | | |
| I+04%SA (M-8) | 20/09/24 | 18/10/24 | 28 | 210 | 15.07 | 15.09 | 63183 | 353.76 | 168.46% | 357.25 | 170.12% |
| I+04%SA (M-9) | 20/09/24 | 18/10/24 | 28 | 210 | 15.04 | 15.05 | 64329 | 361.61 | 172.20% | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 65, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo I con una dosificación del 04% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, a las edades de 7, 14 y 28 días, con resultados de 282.74, 320.44 y 357.25 kg/cm² respectivamente; en el caso del porcentaje con el f'c de diseño se tiene 134.64%, 152.59% y 170.12%.

4.6.2. Desviación estándar para el control de calidad de las pruebas

Con los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 se calcula la desviación estándar según ACI-214R, con el fin del cumpliendo de la calidad de las muestras, esto se detalla en la tabla 66 y 67.

Tabla 66

Desviación estándar para muestras con cemento portland tipo IP.

| Muestra | Días | Media | Desviación Estándar (σ) | Estándar de control |
|-----------|------|--------|----------------------------------|---------------------|
| IP PATRÓN | 7 | 146.75 | 2.84 | Muy bueno |
| IP PATRÓN | 14 | 179.88 | 3.68 | Buena |
| IP PATRÓN | 28 | 210.92 | 1.79 | Excelente |
| IP+01%CC | 7 | 135.39 | 1.82 | Excelente |
| IP+01%CC | 14 | 155.16 | 3.41 | Buena |
| IP+01%CC | 28 | 190.32 | 1.28 | Excelente |
| IP+02%CC | 7 | 130.77 | 0.90 | Excelente |
| IP+02%CC | 14 | 146.45 | 2.13 | Muy bueno |
| IP+02%CC | 28 | 161.43 | 3.99 | Buena |
| IP+03%CC | 7 | 121.00 | 3.57 | Buena |
| IP+03%CC | 14 | 136.19 | 2.82 | Muy bueno |
| IP+03%CC | 28 | 147.13 | 1.61 | Excelente |
| IP+04%CC | 7 | 109.01 | 3.29 | Buena |
| IP+04%CC | 14 | 126.17 | 2.96 | Muy bueno |
| IP+04%CC | 28 | 147.13 | 1.61 | Excelente |
| IP+01%SA | 7 | 145.37 | 1.46 | Excelente |
| IP+01%SA | 14 | 171.77 | 3.68 | Buena |
| IP+01%SA | 28 | 199.71 | 2.58 | Muy bueno |
| IP+02%SA | 7 | 150.22 | 3.07 | Buena |
| IP+02%SA | 14 | 169.96 | 3.53 | Buena |
| IP+02%SA | 28 | 196.43 | 1.80 | Excelente |
| IP+03%SA | 7 | 152.87 | 1.41 | Excelente |
| IP+03%SA | 14 | 165.23 | 3.43 | Buena |
| IP+03%SA | 28 | 192.17 | 2.41 | Muy bueno |
| IP+04%SA | 7 | 151.28 | 1.93 | Excelente |
| IP+04%SA | 14 | 163.88 | 3.76 | Buena |
| IP+04%SA | 28 | 191.78 | 3.44 | Buena |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 66, se muestra los resultados de la desviación estándar calculada para cada grupo de concreto con cemento portland tipo IP, y aditivos acelerantes de fragua a base cloruro de calcio y sales alcalinas, obteniendo estándares del control de buena a excelente, lo cual indica la calidad del procedimiento de elaboración de las muestras.

Tabla 67

Desviación estándar para muestras con cemento portland tipo I.

| Muestra | Días | Media | Desviación Estándar (σ) | Estándar de control |
|----------------|-------------|--------------|--------------------------------------------------|----------------------------|
| IP PATRÓN | 7 | 191.84 | 1.34 | Excelente |
| IP PATRÓN | 14 | 270.05 | 3.31 | Buena |
| IP PATRÓN | 28 | 339.64 | 3.79 | Buena |
| IP+01%CC | 7 | 229.77 | 2.32 | Muy bueno |
| IP+01%CC | 14 | 306.60 | 2.89 | Muy bueno |
| IP+01%CC | 28 | 382.47 | 3.56 | Buena |
| IP+02%CC | 7 | 235.91 | 3.70 | Buena |
| IP+02%CC | 14 | 333.25 | 2.86 | Muy bueno |
| IP+02%CC | 28 | 395.02 | 3.99 | Buena |
| IP+03%CC | 7 | 246.41 | 1.54 | Excelente |
| IP+03%CC | 14 | 362.75 | 3.54 | Buena |
| IP+03%CC | 28 | 393.00 | 3.39 | Buena |
| IP+04%CC | 7 | 222.89 | 3.46 | Buena |
| IP+04%CC | 14 | 365.49 | 3.58 | Buena |
| IP+04%CC | 28 | 393.00 | 3.39 | Buena |
| IP+01%SA | 7 | 234.24 | 3.77 | Buena |
| IP+01%SA | 14 | 285.18 | 3.12 | Buena |
| IP+01%SA | 28 | 339.77 | 2.88 | Muy bueno |
| IP+02%SA | 7 | 264.85 | 2.48 | Muy bueno |
| IP+02%SA | 14 | 291.46 | 3.52 | Buena |
| IP+02%SA | 28 | 344.30 | 3.41 | Buena |
| IP+03%SA | 7 | 270.41 | 3.55 | Buena |
| IP+03%SA | 14 | 327.39 | 3.62 | Buena |
| IP+03%SA | 28 | 350.99 | 3.33 | Buena |
| IP+04%SA | 7 | 282.74 | 3.45 | Buena |
| IP+04%SA | 14 | 320.44 | 2.72 | Muy bueno |
| IP+04%SA | 28 | 357.25 | 4.00 | Buena |

Nota: Elaboración propia.

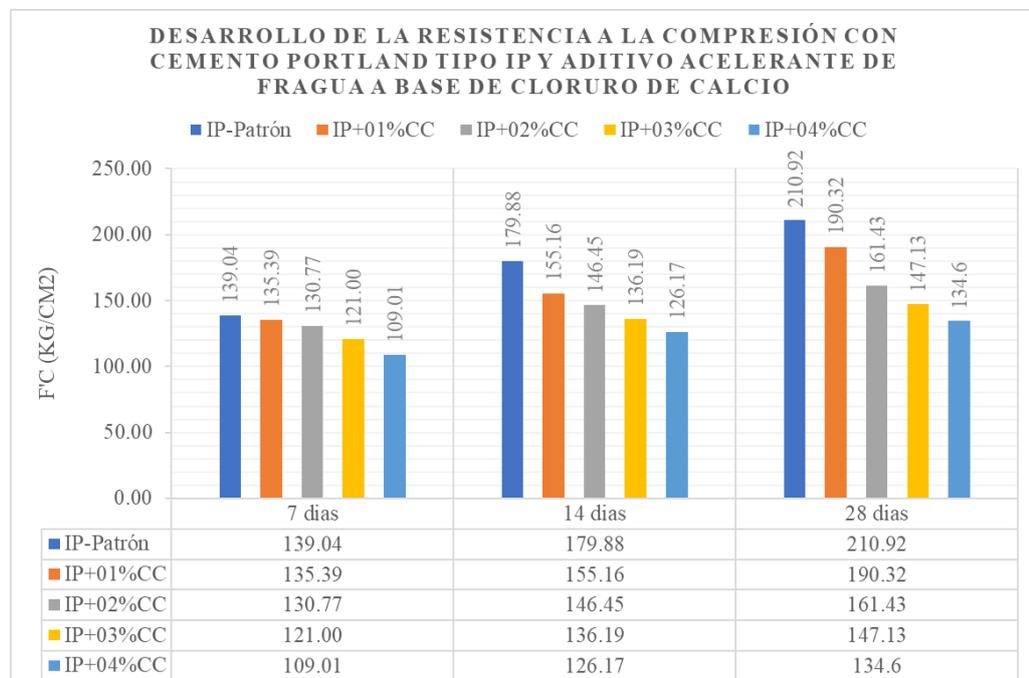
En la tabla 67, se muestra los resultados de la desviación estándar calculada para cada grupo de concreto con cemento portland tipo I, y aditivos acelerantes de fragua a base cloruro de calcio y sales alcalinas, obteniendo estándares del control de buena a excelente, lo cual indica la calidad del procedimiento de elaboración de las muestras.

4.6.3. Comparación de resultados del ensayo de resistencia a la compresión

Mediante el procedimiento de los resultados de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, se grafica los diagramas de barras que se muestran en las figuras 50 al 53.

Figura 50

Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio.



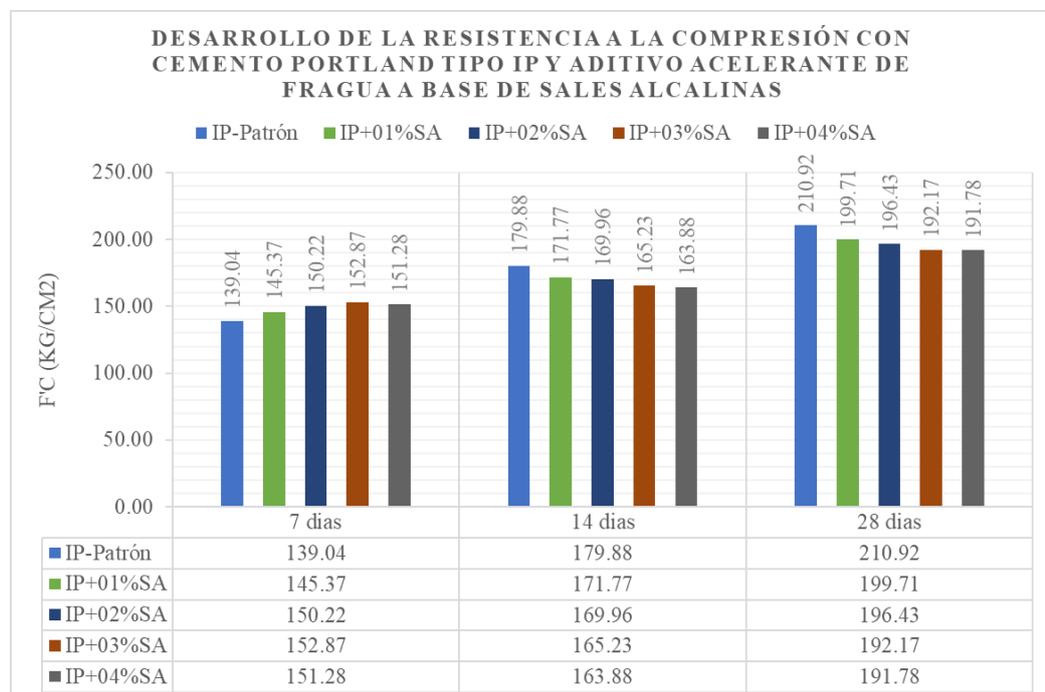
Nota: Elaboración propia.

En la figura 50, se muestra las resistencias alcanzadas para los 7, 14 y 28 días para concreto elaborado con cemento portland tipo IP, y con adicciones del

1%, 2%, 3% y 4% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, mostrando en el grafico que el aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio disminuye la resistencia a la compresión con respecto a la muestra patrón a las edades 7, 14 y 28 días.

Figura 51

Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua a base de sales alcalinas.

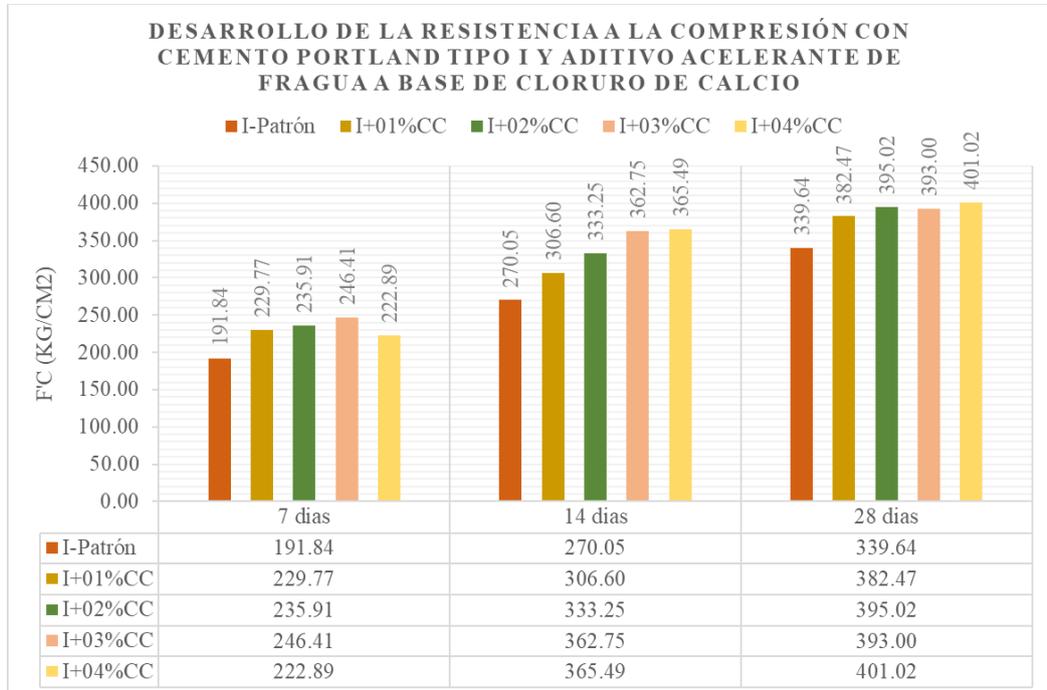


Nota: Elaboración propia.

En la figura 51, se muestra las resistencias alcanzadas para los 7, 14 y 28 días para concreto elaborado con cemento portland tipo IP, y con adicciones del 1%, 2%, 3% y 4% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, mostrando en el grafico que el aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas aumenta la resistencia a la compresión a los 7 días, sin embargo disminuyendo la resistencia a la compresión a los 14 y 28 días.

Figura 52

Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio.

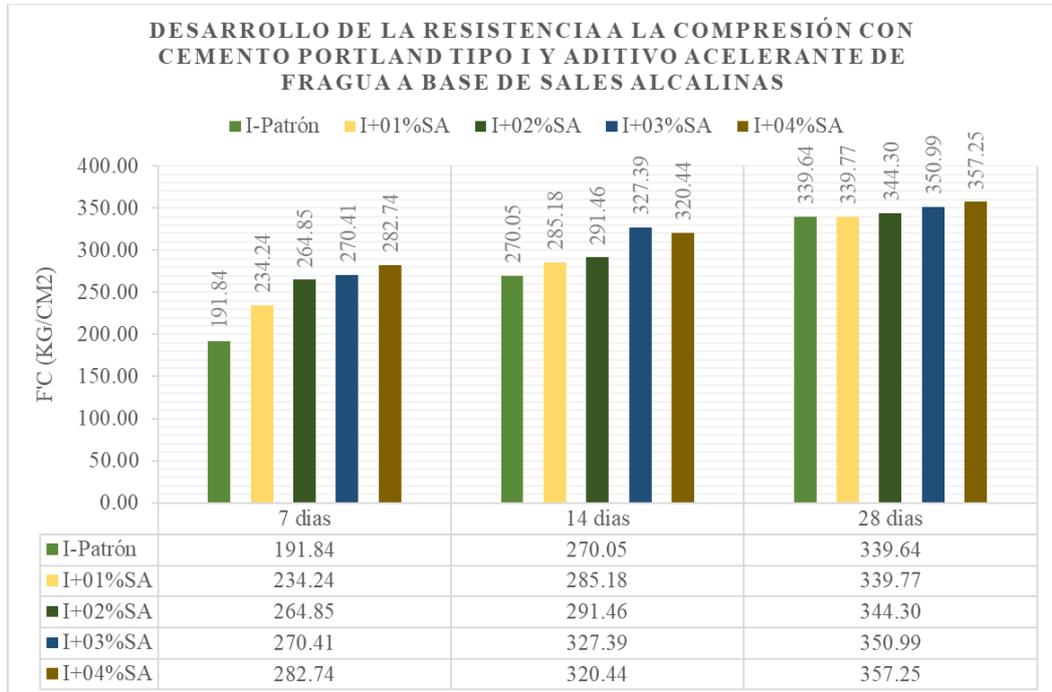


Nota: Elaboración propia.

En la figura 52, se muestra las resistencias alcanzadas para los 7, 14 y 28 días para concreto elaborado con cemento portland tipo I, y con adicciones del 1%, 2%, 3% y 4% de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, mostrando en el grafico que el aditivo acelerante de fragua a base de cloruro del calcio aumenta la resistencia a la compresión con respecto a la muestra patrón, siendo más considerable su aumento de la resistencia a la compresión del concreto a los 14 y 28 días.

Figura 53

Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua a base de sales alcalinas.



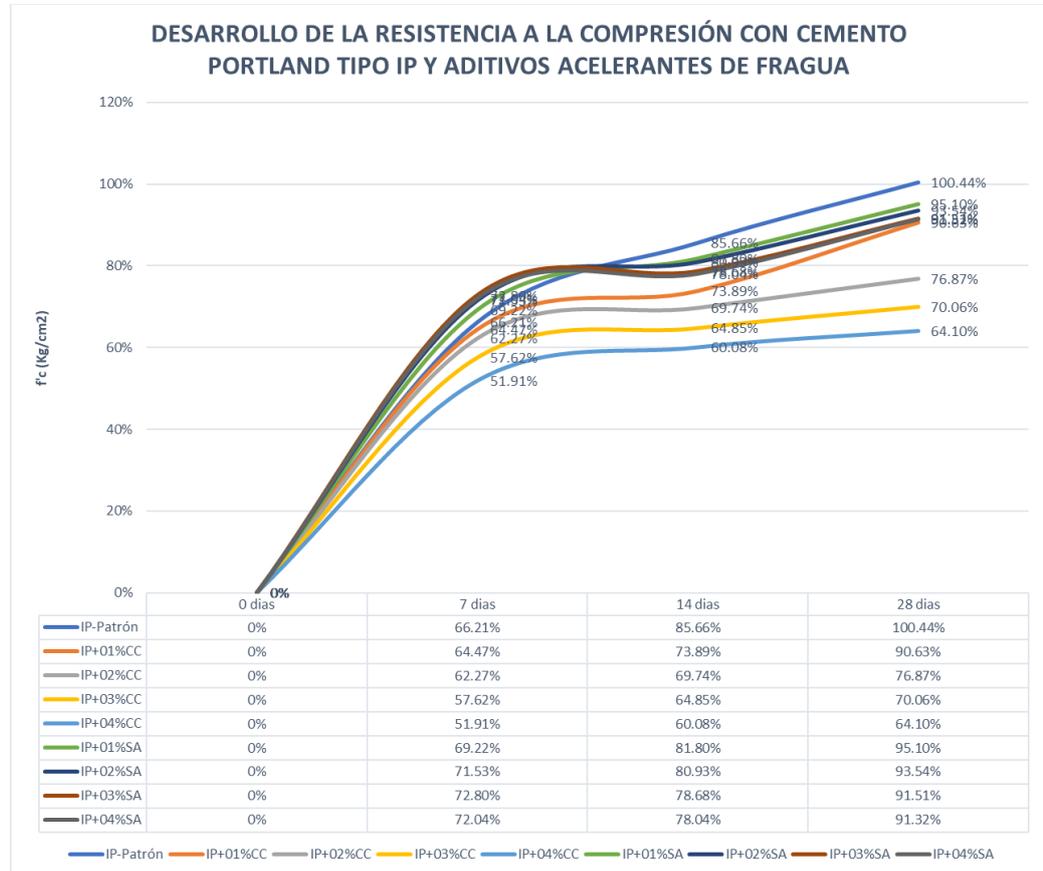
Nota: Elaboración propia.

En la figura 53, se muestra las resistencias alcanzadas para los 7, 14 y 28 días para concreto elaborado con cemento portland tipo I, y con adicciones del 1%, 2%, 3% y 4% de aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, mostrando en el grafico que el aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas aumenta la resistencia a la compresión con respecto a la muestra patrón, siendo más considerable su aumento de la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días con dosificaciones del 2%, 3% y 4%.

Posteriormente, se grafica en las figuras 53 y 54, las resistencias a la compresión para un concreto elaborado con cemento portland tipo IP y tipo I, comparando las dosificaciones del 1%, 2% 3% y 4% entre aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas.

Figura 54

Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo IP y aditivos.

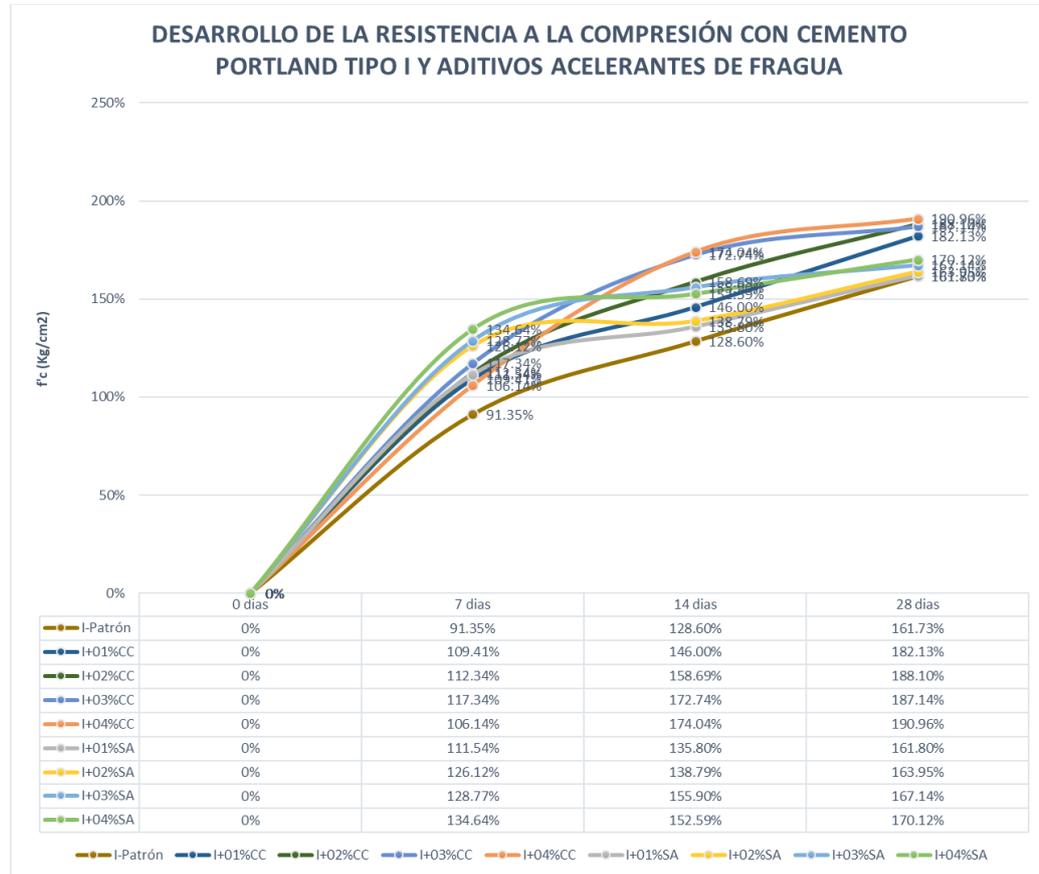


Nota: Elaboración propia.

En la figura 54, se muestra las resistencias a la compresión del concreto a las edades de 7, 14 y 28 con un cemento portland tipo IP, comparando el uso de aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro y sales alcalinas en dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4%; se observa en el grafico que los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio disminuyen más la resistencia la compresión en comparación con el aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas

Figura 55

Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo I y aditivos.



Nota: Elaboración propia.

En la figura 55, se muestra las resistencias a la compresión del concreto a las edades de 7, 14 y 28 con un cemento portland tipo I, comparando el uso de aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro y sales alcalinas en dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4%; se observa en el grafico que el aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas aumenta más la resistencia a la compresión en comparación del aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio a los 7 días, sin embargo a los 14 y 28 días el aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio aumenta más la resistencia a la compresión en comparación al aditivo acelerante de fragua a base sales alcalinas.

4.6.4. Diferencia en la resistencia a la compresión entre los aditivos

acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas.

Tabla 68

Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo IP y aditivos en 28 días.

| Dosificación | Tipo de aditivo acelerantes de fragua | | |
|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | A base de sales alcalinas | A base de cloruro de calcio | Diferencia entre aditivos |
| Patrón | 210.92 kg/cm ² | 210.92 kg/cm ² | |
| 1% | 199.71 kg/cm ² | 190.32 kg/cm ² | 9.39 kg/cm ² |
| 2% | 196.43 kg/cm ² | 161.43 kg/cm ² | 35.00 kg/cm ² |
| 3% | 192.17 kg/cm ² | 147.13 kg/cm ² | 45.04 kg/cm ² |
| 4% | 191.78 kg/cm ² | 134.60 kg/cm ² | 57.18 kg/cm ² |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 68, se muestra la diferencia de la resistencia a la compresión a los 28 días en concreto con cemento portland tipo IP, entre los aditivos acelerantes de fragua a base sales alcalinas y a base de cloruro de calcio, teniendo diferencia a la resistencia a la compresión de 9.39, 35.00, 45.04 y 57.18 kg/cm² con respecto a dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4%.

Tabla 69

Desarrollo de la resistencia a la compresión con cemento portland tipo I y aditivos en 28 días.

| Dosificación | Tipo de aditivo acelerantes de fragua | | |
|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | A base de sales alcalinas | A base de cloruro de calcio | Diferencia entre aditivos |
| Patrón | 339.64 kg/cm ² | 339.64 kg/cm ² | |
| 1% | 339.77 kg/cm ² | 382.47 kg/cm ² | 42.70 kg/cm ² |
| 2% | 344.30 kg/cm ² | 395.02 kg/cm ² | 50.72 kg/cm ² |
| 3% | 350.99 kg/cm ² | 393.00 kg/cm ² | 42.01 kg/cm ² |
| 4% | 357.25 kg/cm ² | 401.02 kg/cm ² | 43.77 kg/cm ² |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 69, se muestra la diferencia de la resistencia a la compresión a los 28 días en concreto con cemento portland tipo I, entre los aditivos acelerantes de fragua a base sales alcalinas y a base de cloruro de calcio, teniendo diferencia a la resistencia a la compresión de 42.70, 50.72, 42.01, 43.77 kg/cm² con respecto a dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4%.

4.6.5. Diferencias de desarrollo entre los aditivos y el patrón a diferentes edades.

Se detalla la diferencia el porcentaje de diferencia entre el resultado del aditivo con la muestra patrón, ver las tablas 70 y 71.

Tabla 70.

Diferencia en porcentaje de la muestra estudiada con el patrón para cemento portland tipo IP

| Muestra | Resistencia a la compresión (Kg/cm ²) | | | Diferencia en % con el patrón | | |
|-----------|------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días | 7 días | 14 días | 28 días |
| IP-Patrón | 139.04 | 179.88 | 210.92 | | | |
| IP+01%CC | 135.39 | 155.16 | 190.32 | -2.63% | -13.74% | -9.77% |
| IP+02%CC | 130.77 | 146.45 | 161.43 | -5.95% | -18.58% | -23.46% |
| IP+03%CC | 121.00 | 136.19 | 147.13 | -12.97% | -24.29% | -30.24% |
| IP+04%CC | 109.01 | 126.17 | 134.6 | -21.60% | -29.86% | -36.18% |
| IP+01%SA | 145.37 | 171.77 | 199.71 | 4.55% | -4.51% | -5.31% |
| IP+02%SA | 150.22 | 169.96 | 196.43 | 8.04% | -5.51% | -6.87% |
| IP+03%SA | 152.87 | 165.23 | 192.17 | 9.95% | -8.14% | -8.89% |
| IP+04%SA | 151.28 | 163.88 | 191.78 | 8.80% | -8.89% | -9.07% |

Nota: Elaboración propia.

En tabla 70, se muestra la diferencia de ganancia o pérdida de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo IP en unidad de porcentaje (%), con respecto a la diferencia entre el resultado al adicionar aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas y el resultado de la resistencia patrón a las edades de 7, 14 y 28 días.

Tabla 71

Diferencia en porcentaje de la muestra estudiada con el patrón para cemento portland tipo I

| Muestra | Resistencia a la compresión (Kg/cm ²) | | | Diferencia en % con el patrón | | |
|----------|------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días | 7 días | 14 días | 28 días |
| I-Patrón | 191.84 | 270.05 | 339.64 | | | |
| I+01%CC | 229.77 | 306.60 | 382.47 | 19.77% | 13.53% | 12.61% |
| I+02%CC | 235.91 | 333.25 | 395.02 | 22.97% | 23.40% | 16.31% |
| I+03%CC | 246.41 | 362.75 | 393.00 | 28.45% | 34.33% | 15.71% |
| I+04%CC | 222.89 | 365.49 | 401.02 | 16.19% | 35.34% | 18.07% |
| I+01%SA | 234.24 | 285.18 | 339.77 | 22.10% | 5.60% | 0.04% |
| I+02%SA | 264.85 | 291.46 | 344.30 | 38.06% | 7.93% | 1.37% |
| I+03%SA | 270.41 | 327.39 | 350.99 | 40.96% | 21.23% | 3.34% |
| I+04%SA | 282.74 | 320.44 | 357.25 | 47.38% | 18.66% | 5.18% |

Nota: Elaboración propia.

En tabla 71, se muestra la diferencia de ganancia o pérdida de resistencia a la compresión del concreto con cemento portland tipo I en unidad de porcentaje (%), con respecto a la diferencia entre el resultado al adicionar aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas y el resultado de la resistencia patrón a las edades de 7, 14 y 28 días.

4.7. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

4.7.1. Resultado de análisis de costos unitarios del cemento tipo IP y aditivos.

En las tablas de 72 al 80, se muestra los resultados del análisis del costo unitario para elaboración del concreto por m³ los cuales fueron elaborados con precios de la ciudad de Puno y costo de mano de obra del régimen laboral de construcción civil (Anexo 05), para el caso del concreto con cemento portland tipo IP y el uso de aditivos acelerantes de fragua a base cloruro de calcio y sales

alcalinas en dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4% para posteriormente graficar su comparación de costos en la figura 56.

Tabla 72

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo IP sin aditivos.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO IP-PATRÓN | | | | | |
|---------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 270.98 |
| Cemento Portland IP | Bolsas | | 8.14 | 28.00 | 227.92 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.356 | 32.50 | 11.57 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.219 | 4.00 | 0.88 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| Total | | | | | 508.64 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 72, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo IP sin aditivos, obteniendo un costo de materiales de S/. 270.98, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 508.64 incluye IGV.



Tabla 73

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 1% a base de cloruro de calcio.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO IP+01%CC | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 301.24 |
| Cemento Portland IP | Bolsas | | 8.14 | 28.00 | 227.92 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.356 | 32.50 | 11.57 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.216 | 4.00 | 0.86 |
| Aditivo acelerador (1%) | Lt | | 3.46 | 8.75 | 30.28 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 538.90 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 73, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo IP con dosificación del 01% de aditivo acelerante de fragua base de cloruro de calcio, obteniendo un costo de materiales de S/. 301.24, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 538.90 incluye IGV.

Tabla 74

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 2% a base de cloruro de calcio.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO IP+02%CC | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 331.50 |
| Cemento Portland IP | Bolsas | | 8.14 | 28.00 | 227.92 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.356 | 32.50 | 11.57 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.212 | 4.00 | 0.85 |
| Aditivo acelerador (2%) | Lt | | 6.92 | 8.75 | 60.55 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 569.16 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 74, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo IP con dosificación del 02% de aditivo acelerante de fragua base de cloruro de calcio, obteniendo un costo de materiales de S/. 331.50, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 569.16 incluye IGV.

Tabla 75

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 3% a base de cloruro de calcio.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO IP+03%CC | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 361.76 |
| Cemento Portland IP | Bolsas | | 8.14 | 28.00 | 227.92 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.356 | 32.50 | 11.57 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.209 | 4.00 | 0.84 |
| Aditivo acelerador (3%) | Lt | | 10.38 | 8.75 | 90.83 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| Total | | | | | 599.42 |

Nota: Elaboración propia

En la tabla 75, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo IP con dosificación del 03% de aditivo acelerante de fragua base de cloruro de calcio, obteniendo un costo de materiales de S/. 361.76, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 599.42 incluye IGV.



Tabla 76

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 4% a base de cloruro de calcio.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO IP+04%CC | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 392.02 |
| Cemento Portland IP | Bolsas | | 8.14 | 28.00 | 227.92 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.356 | 32.50 | 11.57 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.205 | 4.00 | 0.82 |
| Aditivo acelerador (4%) | Lt | | 13.84 | 8.75 | 121.10 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 629.68 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 76, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo IP con dosificación del 04% de aditivo acelerante de fragua base de cloruro de calcio, obteniendo un costo de materiales de S/. 392.02, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 629.68 incluye IGV.



Tabla 77

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 1% a base de sales alcalinas.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO IP+01%SA | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 309.89 |
| Cemento Portland IP | Bolsas | | 8.14 | 28.00 | 227.92 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.356 | 32.50 | 11.57 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.216 | 4.00 | 0.86 |
| Aditivo acelerador (1%) | Lt | | 3.46 | 11.25 | 38.93 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 547.55 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 77, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo IP con dosificación del 01% de aditivo acelerante de fragua base de sales alcalinas, obteniendo un costo de materiales de S/. 309.89, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 547.55 incluye IGV.



Tabla 78

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 2% a base de sales alcalinas.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO IP+02%SA | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 348.80 |
| Cemento Portland IP | Bolsas | | 8.14 | 28.00 | 227.92 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.356 | 32.50 | 11.57 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.212 | 4.00 | 0.85 |
| Aditivo acelerador (2%) | Lt | | 6.92 | 11.25 | 77.85 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 586.46 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 78, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo IP con dosificación del 02% de aditivo acelerante de fragua base de sales alcalinas, obteniendo un costo de materiales de S/. 348.80, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 586.66 incluye IGV.

Tabla 79

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 3% a base de sales alcalinas.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO IP+03%SA | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 387.71 |
| Cemento Portland IP | Bolsas | | 8.14 | 28.00 | 227.92 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.356 | 32.50 | 11.57 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.209 | 4.00 | 0.84 |
| Aditivo acelerador (3%) | Lt | | 10.38 | 11.25 | 116.78 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 625.37 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 79, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo IP con dosificación del 03% de aditivo acelerante de fragua base de sales alcalinas, obteniendo un costo de materiales de S/. 387.71, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 625.37 incluye IGV.

Tabla 80

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua al 4% a base de sales alcalinas.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO IP+04%SA | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 426.62 |
| Cemento Portland IP | Bolsas | | 8.14 | 28.00 | 227.92 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.356 | 32.50 | 11.57 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.205 | 4.00 | 0.82 |
| Aditivo acelerador (4%) | Lt | | 13.84 | 11.25 | 155.70 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 664.28 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 80, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo IP con dosificación del 04% de aditivo acelerante de fragua base de sales alcalinas, obteniendo un costo de materiales de S/. 426.62, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 664.28 incluye IGV.

4.7.2. Resultado análisis de costos unitarios del cemento tipo I y aditivos.

En las tablas de 81 al 89, se muestra los resultados del análisis del costo unitario para elaboración del concreto por m³ los cuales fueron elaborados con precios de la ciudad de Puno y costo de mano de obra del régimen laboral de construcción civil (Anexo 05), para el caso del concreto con cemento portland tipo I y el uso de aditivos acelerantes de fragua a base cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4% para posteriormente graficar su comparación de costos en la figura 57.

Tabla 81

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo I, sin aditivos.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO I-PATRÓN | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 286.64 |
| Cemento Portland I | Bolsas | | 8.14 | 30.00 | 244.20 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.337 | 32.50 | 10.95 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.219 | 4.00 | 0.88 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| Total | | | | | 524.30 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 81, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo I sin aditivo acelerante de fragua, obteniendo un costo de materiales de S/. 286.64, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 524.30 incluye IGV.

Tabla 82

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 1% a base de cloruro de calcio.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO I+01%CC | | | | | |
|-------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 316.90 |
| Cemento Portland I | Bolsas | | 8.14 | 30.00 | 244.20 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.337 | 32.50 | 10.95 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.216 | 4.00 | 0.86 |
| Aditivo acelerante (1%) | lt | | 3.46 | 8.75 | 30.28 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 554.56 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 82, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo I con dosificación del 01% de aditivo acelerante de fragua base de cloruro de calcio, obteniendo un costo de materiales de S/. 316.90,

mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 554.56 incluye IGV.

Tabla 83

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 2% a base de cloruro de calcio.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO I+02%CC | | | | | |
|------------------------------------|----------------|----------------|----------|-------------|---------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 347.17 |
| Cemento Portland I | Bolsas | | 8.14 | 30.00 | 244.20 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.337 | 32.50 | 10.95 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.213 | 4.00 | 0.85 |
| Aditivo acelerante (2%) | lt | | 6.92 | 8.75 | 60.55 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| Total | | | | | 584.83 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 83, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo I con dosificación del 02% de aditivo acelerante de fragua base de cloruro de calcio, obteniendo un costo de materiales de S/. 347.17, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 584.83 incluye IGV.

Tabla 84

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 3% a base de cloruro de calcio.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO I+03%CC | | | | | |
|-------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 377.43 |
| Cemento Portland I | Bolsas | | 8.14 | 30.00 | 244.20 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.337 | 32.50 | 10.95 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.209 | 4.00 | 0.84 |
| Aditivo acelerante (3%) | lt | | 10.38 | 8.75 | 90.83 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 615.09 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 84, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo I con dosificación del 03% de aditivo acelerante de fragua base de cloruro de calcio, obteniendo un costo de materiales de S/. 377.43, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 615.09 incluye IGV.

Tabla 85

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 4% a base de cloruro de calcio.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO I+04%CC | | | | | |
|-------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 407.69 |
| Cemento Portland I | Bolsas | | 8.14 | 30.00 | 244.20 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.337 | 32.50 | 10.95 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.206 | 4.00 | 0.82 |
| Aditivo acelerante (4%) | lt | | 13.84 | 8.75 | 121.10 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 645.35 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 85, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo I con dosificación del 04% de aditivo acelerante de fragua base de cloruro de calcio, obteniendo un costo de materiales de S/. 407.69, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 645.35 incluye IGV.

Tabla 86

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 1% a base de sales alcalinas.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO I+01%SA | | | | | |
|-------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 325.55 |
| Cemento Portland I | Bolsas | | 8.14 | 30.00 | 244.20 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.337 | 32.50 | 10.95 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.216 | 4.00 | 0.86 |
| Aditivo acelerante (1%) | lt | | 3.46 | 11.25 | 38.93 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 563.21 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 86, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo I con dosificación del 01% de aditivo acelerante de fragua base de sales alcalinas, obteniendo un costo de materiales de S/. 325.55, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 563.21 incluye IGV.

Tabla 87

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 2% a base de sales alcalinas.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO I+02%SA | | | | | |
|-------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 364.47 |
| Cemento Portland I | Bolsas | | 8.14 | 30.00 | 244.20 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.337 | 32.50 | 10.95 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.213 | 4.00 | 0.85 |
| Aditivo acelerante (2%) | lt | | 6.92 | 11.25 | 77.85 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 602.13 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 87, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo I con dosificación del 02% de aditivo acelerante de fragua base de sales alcalinas, obteniendo un costo de materiales de S/. 364.47, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 602.13 incluye IGV.

Tabla 88

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 3% a base de sales alcalinas.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO I+03%SA | | | | | |
|-------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 403.38 |
| Cemento Portland I | Bolsas | | 8.14 | 30.00 | 244.20 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.337 | 32.50 | 10.95 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.209 | 4.00 | 0.84 |
| Aditivo acelerante (3%) | lt | | 10.38 | 11.25 | 116.78 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 641.04 |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 88, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo I con dosificación del 03% de aditivo acelerante de fragua base de sales alcalinas, obteniendo un costo de materiales de S/. 403.38, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 641.04 incluye IGV.

Tabla 89

Análisis de costo unitario para concreto $f'c=210$ kg/cm², con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua al 4% a base de sales alcalinas.

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO I+04%SA | | | | | |
|-------------------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Rendimiento | 14 | m ³ | Jornada | 8 | horas |
| Descripción | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio(S/.) | Parcial |
| MATERIALES | | | | | 442.29 |
| Cemento Portland I | Bolsas | | 8.14 | 30.00 | 244.20 |
| Agregado Fino | m ³ | | 0.337 | 32.50 | 10.95 |
| Agregado Grueso | m ³ | | 0.707 | 43.30 | 30.61 |
| Agua | m ³ | | 0.206 | 4.00 | 0.82 |
| Aditivo acelerante (4%) | lt | | 13.84 | 11.25 | 155.70 |
| MANO DE OBRA | | | | | 204.66 |
| Operario | hh | 2 | 1.143 | 33.49 | 38.27 |
| Oficial | hh | 2 | 1.143 | 26.34 | 30.10 |
| Peón | hh | 10 | 5.714 | 23.85 | 136.29 |
| EQUIPO | | | | | 33.00 |
| Mezcladora de concreto 11p3 | hm | 1 | 0.571 | 25.00 | 14.29 |
| Vibrador Concreto 4 hp | hm | 1 | 0.571 | 22.00 | 12.57 |
| Herramientas (3% MO) | % | | 0.03 | 204.66 | 6.14 |
| | | | | Total | 679.95 |

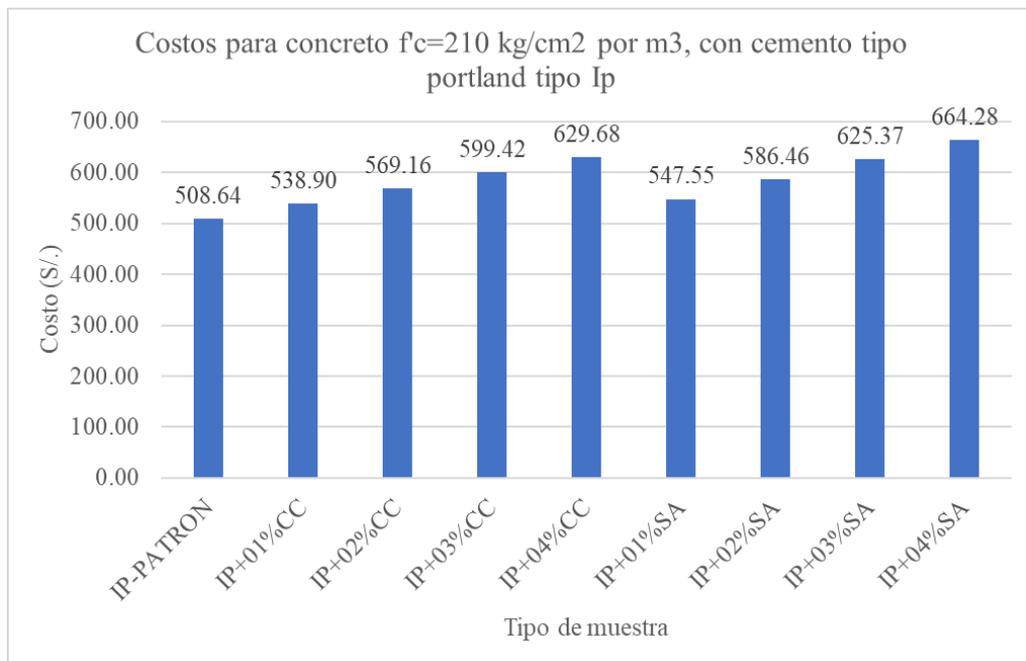
Nota: Elaboración propia.

En la tabla 89, se muestra el análisis de costo unitario por m³ de concreto con cemento portland tipo I con dosificación del 03% de aditivo acelerante de fragua base de sales alcalinas, obteniendo un costo de materiales de S/. 442.29, mano de obra S/. 204.66 y equipo S/. 33.00; resultando un costo por m³ de concreto de S/. 679.95 incluye IGV.

4.7.3. Análisis de costos unitario de cemento portland tipo I y IP, con aditivos.

Figura 56

Comparación de costos para cemento portland tipo IP, con aditivos

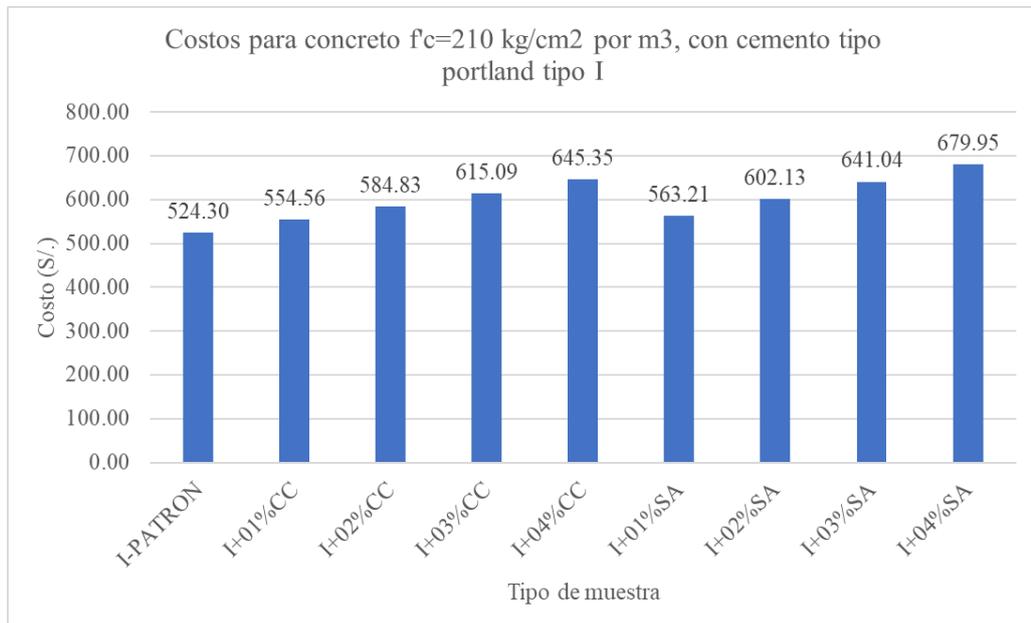


Nota: Elaboración propia.

En la figura 56, se muestra los costos unitarios para concreto por m³ elaborado con cemento portland tipo IP, y adicionado con aditivos acelerantes de fragua a base cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4%, mostrando que el costo del concreto patrón es de S/. 508.64 y se tiene menores costos al usar aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, en comparación al costo del aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas.

Figura 57

Comparación de costos para cemento portland tipo I, con aditivos.



Nota: Elaboración propia.

En la figura 57, se muestra los costos unitarios para concreto por m³ elaborado con cemento portland tipo I, y adicionado con aditivos acelerantes de fragua a base cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4%, mostrando que el costo del concreto patrón es de S/. 524.30 y se tiene menores costos al usar aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, en comparación al costo del aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas.

4.8. PRUEBA DE NORMALIDAD DE SHAPIRO-WILK

Posteriormente después de obtener los resultados, se realizará la prueba de normalidad, en este caso son 3 muestras para cada grupo, son menores a 50, se opta por tomar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, con un nivel de significancia del 5%.

4.8.1. Prueba de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión del concreto de muestras de 6"x12"

Tabla 90

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP sin aditivo.

| MUESTRA: IP-PATRÓN | | | | | | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S ² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 140.66 | 139.04 | 0.7071 | 3.0476 | 10.984 | 0.846 | 0.767 | Ho aceptado |
| | 136.35 | | | | | | | |
| | 140.10 | | | | | | | |
| 14 | 178.18 | 179.88 | 0.7071 | 4.7659 | 27.049 | 0.840 | 0.767 | Ho aceptado |
| | 177.36 | | | | | | | |
| | 184.10 | | | | | | | |
| 28 | 209.73 | 210.92 | 0.7071 | 2.2910 | 6.375 | 0.823 | 0.767 | Ho aceptado |
| | 210.05 | | | | | | | |
| | 212.97 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 90, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo IP sin aditivos, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 91

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 01% aditivo a base de cloruro de calcio.

| MUESTRA: IP+01%CC | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S ² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 134.47 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 134.22 | 135.39 | 0.7071 | 2.3122 | 6.625 | 0.807 | 0.767 | |
| | 137.49 | | | | | | | |
| 14 | 151.25 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 156.70 | 155.16 | 0.7071 | 4.4335 | 23.229 | 0.846 | 0.767 | |
| | 157.52 | | | | | | | |
| 28 | 191.55 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 189.00 | 190.32 | 0.7071 | 1.8031 | 3.265 | 0.996 | 0.767 | |
| | 190.42 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 91, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo IP y una dosificación del 01% del aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $W_c > W_t$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 92

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 02% aditivo a base de cloruro de calcio.

| MUESTRA: IP+02%CC | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S ² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 131.17 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 131.41 | 130.77 | 0.7071 | 1.1809 | 1.630 | 0.855 | 0.767 | |
| | 129.74 | | | | | | | |
| 14 | 148.61 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 146.38 | 146.45 | 0.7071 | 3.0052 | 9.039 | 0.999 | 0.767 | |
| | 144.36 | | | | | | | |
| 28 | 166.04 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 158.94 | 161.43 | 0.7071 | 5.0204 | 31.904 | 0.790 | 0.767 | |
| | 159.32 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 92, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo IP y una dosificación del 02% del aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $W_c > W_t$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 93

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 03% aditivo a base de cloruro de calcio.

| MUESTRA: IP+03%CC | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|----------------|
| Edad (días) | f°c | Media | ai | b | S ² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 120.15 | 121.00 | 0.7071 | 4.9356 | 25.452 | 0.957 | 0.767 | Ho aceptado |
| | 117.94 | | | | | | | |
| | 124.92 | | | | | | | |
| 14 | 139.30 | 136.19 | 0.7071 | 3.8749 | 15.851 | 0.947 | 0.767 | Ho aceptado |
| | 135.44 | | | | | | | |
| | 133.82 | | | | | | | |
| 28 | 148.35 | 147.13 | 0.7071 | 2.1496 | 5.161 | 0.895 | 0.767 | Ho aceptado |
| | 145.31 | | | | | | | |
| | 147.73 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 93, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo IP y una dosificación del 03% del aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 94

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 04% aditivo a base de cloruro de calcio.

| MUESTRA: IP+04%CC | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S ² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 106.62 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 107.65 | 109.01 | 0.7071 | 4.3487 | 21.699 | 0.871 | 0.767 | |
| | 112.77 | | | | | | | |
| 14 | 128.85 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 122.99 | 126.17 | 0.7071 | 4.1436 | 17.545 | 0.979 | 0.767 | |
| | 126.67 | | | | | | | |
| 28 | 134.06 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 136.34 | 134.6 | 0.7071 | 2.0718 | 4.735 | 0.906 | 0.767 | |
| | 133.41 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 94, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo IP y una dosificación del 04% del aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 95

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 01% aditivo a base de sales alcalinas.

| MUESTRA: IP+01%SA | | | | | | | | |
|--------------------------|------------|--------------|-----------|----------|----------------------|-----------|-----------|----------------|
| Edad (días) | f°c | Media | ai | b | S² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 145.81 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 143.74 | 145.37 | 0.7071 | 1.9870 | 4.243 | 0.930 | 0.767 | |
| | 146.55 | | | | | | | |
| 14 | 167.53 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 174.17 | 171.77 | 0.7071 | 4.6951 | 27.086 | 0.814 | 0.767 | |
| | 173.60 | | | | | | | |
| 28 | 200.47 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 196.84 | 199.71 | 0.7071 | 3.5284 | 13.309 | 0.935 | 0.767 | |
| | 201.83 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 95, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo IP y una dosificación del 01% del aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 96

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 02% aditivo a base de sales alcalinas.

| MUESTRA: IP+02%SA | | | | | | | | |
|--------------------------|------------|--------------|-----------|----------|----------------------|-----------|-----------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 147.83 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 149.15 | 150.22 | 0.7071 | 4.1365 | 18.829 | 0.909 | 0.767 | |
| | 153.68 | | | | | | | |
| 14 | 170.97 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 172.87 | 169.96 | 0.7071 | 4.8366 | 24.933 | 0.938 | 0.767 | |
| | 166.03 | | | | | | | |
| 28 | 194.74 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 196.23 | 196.43 | 0.7071 | 2.5385 | 6.506 | 0.990 | 0.767 | |
| | 198.33 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 96, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo IP y una dosificación del 02% del aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 97

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 03% aditivo a base de sales alcalinas.

| MUESTRA: IP+03%SA | | | | | | | | |
|--------------------------|------------|--------------|-----------|----------|----------------------|-----------|-----------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 151.43 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 152.95 | 152.87 | 0.7071 | 1.9870 | 3.957 | 0.998 | 0.767 | |
| | 154.24 | | | | | | | |
| 14 | 169.04 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 162.39 | 165.23 | 0.7071 | 4.7022 | 23.503 | 0.941 | 0.767 | |
| | 164.27 | | | | | | | |
| 28 | 192.33 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 189.69 | 192.17 | 0.7071 | 3.4012 | 11.605 | 0.997 | 0.767 | |
| | 194.50 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 97, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo IP y una dosificación del 03% del aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 98

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland IP y 04% aditivo a base de sales alcalinas.

| MUESTRA: IP+04%SA | | | | | | | | |
|--------------------------|------------|--------------|-----------|----------|----------------------|-----------|-----------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 149.24 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 153.08 | 151.28 | 0.7071 | 2.7153 | 7.454 | 0.989 | 0.767 | |
| | 151.51 | | | | | | | |
| 14 | 167.91 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 163.28 | 163.88 | 0.7071 | 5.2679 | 28.297 | 0.981 | 0.767 | |
| | 160.46 | | | | | | | |
| 28 | 195.61 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 188.94 | 191.78 | 0.7071 | 4.7164 | 23.734 | 0.937 | 0.767 | |
| | 190.78 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 98, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo IP y una dosificación del 04% del aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.



Tabla 99

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I sin aditivo

| MUESTRA: I-PATRÓN | | | | | | | | |
|--------------------------|------------|--------------|-----------|----------|----------------------|-----------|-----------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 193.38 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 191.00 | 191.84 | 0.7071 | 1.6829 | 3.581 | 0.791 | 0.767 | |
| | 191.13 | | | | | | | |
| 14 | 273.33 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 266.71 | 270.05 | 0.7071 | 4.6810 | 21.919 | 1.000 | 0.767 | |
| | 270.12 | | | | | | | |
| 28 | 340.02 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 335.67 | 339.64 | 0.7071 | 5.3386 | 28.722 | 0.992 | 0.767 | |
| | 343.22 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 99, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo I sin aditivos, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $W_c > W_t$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 100

*Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 01%
aditivo a base de cloruro de calcio.*

| MUESTRA: I+01%CC | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S ² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 232.27 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 227.70 | 229.77 | 0.7071 | 3.2314 | 10.728 | 0.973 | 0.767 | |
| | 229.33 | | | | | | | |
| 14 | 303.52 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 307.05 | 306.6 | 0.7071 | 4.0446 | 16.658 | 0.982 | 0.767 | |
| | 309.24 | | | | | | | |
| 28 | 385.35 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 383.58 | 382.47 | 0.7071 | 4.8507 | 25.367 | 0.928 | 0.767 | |
| | 378.49 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 100, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo I y una dosificación del 01% del aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 101

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 02% aditivo a base de cloruro de calcio.

| MUESTRA: I+02%CC | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S ² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 233.20 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 240.12 | 235.91 | 0.7071 | 4.8931 | 27.318 | 0.876 | 0.767 | |
| | 234.41 | | | | | | | |
| 14 | 331.11 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 336.49 | 333.25 | 0.7071 | 3.8042 | 16.309 | 0.887 | 0.767 | |
| | 332.14 | | | | | | | |
| 28 | 399.12 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 394.79 | 395.02 | 0.7071 | 5.6285 | 31.762 | 0.997 | 0.767 | |
| | 391.16 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 101, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo I y una dosificación del 02% del aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 102

*Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 03%
aditivo a base de cloruro de calcio.*

| MUESTRA: I+03%CC | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S ² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 245.88 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 248.15 | 246.41 | 0.7071 | 2.0859 | 4.773 | 0.912 | 0.767 | |
| | 245.20 | | | | | | | |
| 14 | 364.32 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 358.70 | 362.75 | 0.7071 | 4.6174 | 25.018 | 0.852 | 0.767 | |
| | 365.23 | | | | | | | |
| 28 | 389.79 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 392.68 | 393 | 0.7071 | 4.7729 | 22.938 | 0.993 | 0.767 | |
| | 396.54 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 102, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo I y una dosificación del 03% del aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 103

*Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 04%
aditivo a base de cloruro de calcio.*

| MUESTRA: I+04%CC | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|--------|---------|----------------|-------|-------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S ² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 218.89 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 224.73 | 222.89 | 0.7071 | 4.3487 | 24.008 | 0.788 | 0.767 | |
| | 225.04 | | | | | | | |
| 14 | 368.74 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 361.66 | 365.49 | 0.7071 | 5.0063 | 25.579 | 0.980 | 0.767 | |
| | 366.08 | | | | | | | |
| 28 | 391.87 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 402.52 | 401.02 | 0.7071 | 11.8793 | 144.495 | 0.977 | 0.767 | |
| | 408.67 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 103, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo I y una dosificación del 04% del aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 104

*Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 01%
aditivo a base de sales alcalinas.*

| MUESTRA: I+01%SA | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S ² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 238.06 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 230.53 | 234.24 | 0.7071 | 5.3245 | 28.369 | 0.999 | 0.767 | |
| | 234.13 | | | | | | | |
| 14 | 281.86 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 285.64 | 285.18 | 0.7071 | 4.3769 | 19.471 | 0.984 | 0.767 | |
| | 288.05 | | | | | | | |
| 28 | 342.90 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 337.24 | 339.77 | 0.7071 | 4.0022 | 16.546 | 0.968 | 0.767 | |
| | 339.18 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 104, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo I y una dosificación del 01% del aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 105

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 02% aditivo a base de sales alcalinas.

| MUESTRA: I+02%SA | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | ai | b | S ² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 267.38 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 262.43 | 264.85 | 0.7071 | 3.5001 | 12.267 | 0.999 | 0.767 | |
| | 264.75 | | | | | | | |
| 14 | 294.59 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 292.14 | 291.46 | 0.7071 | 4.9073 | 24.775 | 0.972 | 0.767 | |
| | 287.65 | | | | | | | |
| 28 | 347.31 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 345.00 | 344.3 | 0.7071 | 4.7517 | 23.314 | 0.968 | 0.767 | |
| | 340.59 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 105, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo I y una dosificación del 02% del aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 106

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 03% aditivo a base de sales alcalinas.

| MUESTRA: I+03%SA | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|----------------|
| Edad (días) | f'c | Media | Ai | b | S ² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 273.09 | 270.41 | 0.7071 | 4.7376 | 25.165 | 0.892 | 0.767 | Ho aceptado |
| | 271.76 | | | | | | | |
| | 266.39 | | | | | | | |
| 14 | 330.92 | 327.39 | 0.7071 | 5.1194 | 26.254 | 0.998 | 0.767 | Ho aceptado |
| | 323.68 | | | | | | | |
| | 327.56 | | | | | | | |
| 28 | 354.14 | 350.99 | 0.7071 | 4.6951 | 22.225 | 0.992 | 0.767 | Ho aceptado |
| | 347.50 | | | | | | | |
| | 351.34 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 106, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo I y una dosificación del 02% del aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Tabla 107

Prueba de normalidad de resistencia a la compresión, cemento portland I y 04% aditivo a base de sales alcalinas.

| MUESTRA: I+04%SA | | | | | | | | |
|------------------|----------------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|----------------|
| Edad (días) | f ^c | Media | ai | b | S ² | Wc | Wt | Ho |
| 7 | 285.38 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 283.99 | 282.74 | 0.7071 | 4.6244 | 23.742 | 0.901 | 0.767 | |
| | 278.84 | | | | | | | |
| 14 | 319.64 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 318.22 | 320.44 | 0.7071 | 3.7123 | 14.749 | 0.934 | 0.767 | |
| | 323.47 | | | | | | | |
| 28 | 356.38 | | | | | | | Ho aceptado |
| | 353.76 | 357.25 | 0.7071 | 5.5507 | 31.947 | 0.964 | 0.767 | |
| | 361.61 | | | | | | | |

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 107, se muestra la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para concreto con cemento portland tipo I y una dosificación del 02% del aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, en la resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días. Se observa que, en los grupos de edades de 7, 14 y 28 días el $Wc > Wt$, indicando esto que se acepta la hipótesis nula (H_0), y dando como resultado que los datos representan una distribución normal.

Los resultados obtenidos de la prueba de normalidad nos resultan que las muestras analizadas, tienen a tener una distribución normal, con ello se toma la decisión de escoger la prueba de hipótesis de análisis de varianza (ANOVA).

4.9. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.9.1. Prueba de hipótesis para muestras a los 7 días con cemento portland tipo IP, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas

Mediante la prueba de análisis de Varianza (ANOVA), se plantea si existe diferencia entre las medias de los grupos, posteriormente se realiza mediante el método de post hoc de Tukey la diferencia entre los grupos.

Tabla 108

Análisis de Varianza ANOVA con muestras de cemento portland tipo IP con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 7 días

| | Suma de Cuadrados | gl | Media Cuadrática | F | p evaluado |
|------------------|-------------------|----|------------------|------------|------------|
| Entre grupos | 5354.33299 | 8 | 669.291623 | 119.428291 | 5.2879E-14 |
| Dentro de grupos | 100.874333 | 18 | 5.60412963 | | |
| Total | 5455.20732 | 26 | 209.815666 | | |

Nota: Elaboración propia.

De la tabla 108, el resultado de la prueba de análisis de varianza (ANOVA) con respecto a la resistencia a la compresión a los 7 días portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04%, se obtiene que para nivel de significancia de valor 0.05, se evalúa que $5.2879E-14 < 0.05$ ($p < \alpha$), por lo tanto que aceptamos la hipótesis alterna (H_a), que si existe influencia al menos de una media entre los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en la resistencia a la compresión en concreto $f'_c=210$ kg/cm² elaborado con cemento



portland tipo IP a los 7 días, para analizar entre que grupos varia la media se realizara la prueba de post hoc de Tukey.

Tabla 109

Prueba post hoc de Tukey con muestras de cemento portland tipo IP con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 7 días

| Grupo 1 | Grupo 2 | Diferencia entre medias | p evaluado | ¿Existe diferencia significativa? |
|-----------|----------|-------------------------|------------|-----------------------------------|
| IP-Patrón | IP+01%CC | 3.64 | 0.6311813 | NO |
| IP-Patrón | IP+02%CC | 8.26 | 0.0105214 | SI |
| IP-Patrón | IP+03%CC | 18.03 | 7.691E-07 | SI |
| IP-Patrón | IP+04%CC | 30.02 | 2.23E-10 | SI |
| IP-Patrón | IP+01%SA | 6.33 | 0.077655 | NO |
| IP-Patrón | IP+02%SA | 11.18 | 0.0004708 | SI |
| IP-Patrón | IP+03%SA | 13.84 | 3.283E-05 | SI |
| IP-Patrón | IP+04%SA | 12.24 | 0.000159 | SI |
| IP+01%CC | IP+02%CC | 4.62 | 0.3448316 | NO |
| IP+01%CC | IP+03%CC | 14.39 | 1.937E-05 | SI |
| IP+01%CC | IP+04%CC | 26.38 | 1.917E-09 | SI |
| IP+01%CC | IP+01%SA | 9.97 | 0.0016862 | SI |
| IP+01%CC | IP+02%SA | 14.83 | 1.286E-05 | SI |
| IP+01%CC | IP+03%SA | 17.48 | 1.222E-06 | SI |
| IP+01%CC | IP+04%SA | 15.88 | 4.903E-06 | SI |
| IP+02%CC | IP+03%CC | 9.77 | 0.0020946 | SI |
| IP+02%CC | IP+04%CC | 21.76 | 4.278E-08 | SI |
| IP+02%CC | IP+01%SA | 14.59 | 1.6E-05 | SI |
| IP+02%CC | IP+02%SA | 19.45 | 2.457E-07 | SI |
| IP+02%CC | IP+03%SA | 22.10 | 3.348E-08 | SI |
| IP+02%CC | IP+04%SA | 20.50 | 1.086E-07 | SI |
| IP+03%CC | IP+04%CC | 11.99 | 0.000205 | SI |
| IP+03%CC | IP+01%SA | 24.36 | 7.022E-09 | SI |
| IP+03%CC | IP+02%SA | 29.22 | 3.517E-10 | SI |
| IP+03%CC | IP+03%SA | 31.87 | 8.201E-11 | SI |
| IP+03%CC | IP+04%SA | 30.27 | 1.94E-10 | SI |
| IP+04%CC | IP+01%SA | 36.35 | 8.962E-12 | SI |
| IP+04%CC | IP+02%SA | 41.21 | 9.853E-13 | SI |
| IP+04%CC | IP+03%SA | 43.86 | 3.274E-13 | SI |

| Grupo 1 | Grupo 2 | Diferencia entre medias | p evaluado | ¿Existe diferencia significativa? |
|----------|----------|-------------------------|------------|-----------------------------------|
| IP+04%CC | IP+04%SA | 42.26 | 6.257E-13 | SI |
| IP+01%SA | IP+02%SA | 4.85 | 0.2890675 | NO |
| IP+01%SA | IP+03%SA | 7.51 | 0.0234525 | SI |
| IP+01%SA | IP+04%SA | 5.91 | 0.1160667 | NO |
| IP+02%SA | IP+03%SA | 2.65 | 0.8940839 | NO |
| IP+02%SA | IP+04%SA | 1.06 | 0.999684 | NO |
| IP+03%SA | IP+04%SA | 1.60 | 0.9943165 | NO |

Nota: Elaboración propia.

En tabla 109, es el resultado de la prueba de hoc de Tukey con muestras de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04%. Se indica que existencia diferencia significativa entre los grupos 1 y grupo 2 cuando $p < \alpha$, siendo $\alpha=0.05$, si esto se cumple existe una diferencia significativa, con respecto a ello podemos detallar lo siguiente:

- Los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas, influyen significativamente en la resistencia a la compresión a los 7 días con cemento portland tipo IP, con dosificaciones del 02%, 03%, 04%; sin embargo, con una dosificación del 01% no influye significativamente, esto con respecto a una edad de 7 días.
- Existe una diferencia significativa entre la resistencia a la compresión obtenidas con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro y sales alcalinas, a excepción de 01%CC con 02%CC, 01%SA con 02% SA, 01%SA con 04% SA, 02%SA con 03%SA, 02%SA con 04%SA, y 03%SA con 04%SA que no existen diferencia significativa entre la resistencia a la compresión, esto con respecto a una edad de 7 días.

4.9.2. Prueba de hipótesis para muestras a los 14 días con cemento portland tipo IP, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas

Mediante la prueba de análisis de Varianza (ANOVA), se plantea si existe diferencia entre las medias de los grupos, posteriormente se realiza mediante el método de post hoc de Tukey la diferencia entre los grupos.

Tabla 110

Análisis de Varianza ANOVA con muestras de cemento portland tipo IP con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 14 días

| | Suma de Cuadrados | gl | Media Cuadrática | F | p evaluado |
|------------------|-------------------|----|------------------|------------|------------|
| Entre grupos | 7567.98416 | 8 | 945.99802 | 86.6417567 | 8.7558E-13 |
| Dentro de grupos | 196.533 | 18 | 10.9185 | | |
| Total | 7764.51716 | 26 | 298.635275 | | |

Nota: Elaboración propia.

De la tabla 110, el resultado de la prueba de análisis de varianza (ANOVA) con respecto a la resistencia a la compresión a los 14 días portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04%, se obtiene que para nivel de significancia de valor 0.05, se evalúa que $8.7558E-13 < 0.05$ ($p < \alpha$), por lo tanto que aceptamos la hipótesis alterna (H_a), que si existe influencia al menos de una media entre los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en la resistencia a la compresión en concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cemento portland tipo IP a los 14 días, para analizar entre que grupos varia la media se realizara la prueba de post hoc de Tukey.

Tabla 111

Prueba post hoc de Tukey con muestras de cemento portland tipo IP con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 14 días

| Grupo 1 | Grupo 2 | Diferencia entre medias | p evaluado | ¿Existe diferencia significativa? |
|-----------|----------|-------------------------|------------|-----------------------------------|
| IP-Patrón | IP+01%CC | 24.72 | 1.005E-06 | SI |
| IP-Patrón | IP+02%CC | 33.43 | 9.257E-09 | SI |
| IP-Patrón | IP+03%CC | 43.69 | 1.108E-10 | SI |
| IP-Patrón | IP+04%CC | 53.71 | 3.347E-12 | SI |
| IP-Patrón | IP+01%SA | 8.11 | 0.1270636 | NO |
| IP-Patrón | IP+02%SA | 9.92 | 0.0354509 | SI |
| IP-Patrón | IP+03%SA | 14.65 | 0.0009711 | SI |
| IP-Patrón | IP+04%SA | 16.00 | 0.0003531 | SI |
| IP+01%CC | IP+02%CC | 8.71 | 0.0849503 | NO |
| IP+01%CC | IP+03%CC | 18.97 | 4.164E-05 | SI |
| IP+01%CC | IP+04%CC | 28.99 | 8.904E-08 | SI |
| IP+01%CC | IP+01%SA | 16.61 | 0.0002247 | SI |
| IP+01%CC | IP+02%SA | 14.80 | 0.0008647 | SI |
| IP+01%CC | IP+03%SA | 10.08 | 0.0316465 | SI |
| IP+01%CC | IP+04%SA | 8.73 | 0.0837787 | NO |
| IP+02%CC | IP+03%CC | 10.26 | 0.0275405 | SI |
| IP+02%CC | IP+04%CC | 20.28 | 1.699E-05 | SI |
| IP+02%CC | IP+01%SA | 25.32 | 7.056E-07 | SI |
| IP+02%CC | IP+02%SA | 23.51 | 2.111E-06 | SI |
| IP+02%CC | IP+03%SA | 18.78 | 4.743E-05 | SI |
| IP+02%CC | IP+04%SA | 17.43 | 0.0001236 | SI |
| IP+03%CC | IP+04%CC | 10.02 | 0.0330863 | SI |
| IP+03%CC | IP+01%SA | 35.58 | 3.365E-09 | SI |
| IP+03%CC | IP+02%SA | 33.77 | 7.862E-09 | SI |
| IP+03%CC | IP+03%SA | 29.05 | 8.621E-08 | SI |
| IP+03%CC | IP+04%SA | 27.70 | 1.803E-07 | SI |
| IP+04%CC | IP+01%SA | 45.60 | 5.424E-11 | SI |
| IP+04%CC | IP+02%SA | 43.79 | 1.069E-10 | SI |
| IP+04%CC | IP+03%SA | 39.06 | 7.211E-10 | SI |
| IP+04%CC | IP+04%SA | 37.71 | 1.292E-09 | SI |
| IP+01%SA | IP+02%SA | 1.81 | 0.9986233 | NO |
| IP+01%SA | IP+03%SA | 6.53 | 0.3297175 | NO |
| IP+01%SA | IP+04%SA | 7.88 | 0.1477146 | NO |

| Grupo 1 | Grupo 2 | Diferencia entre medias | p evaluado | ¿Existe diferencia significativa? |
|----------|----------|-------------------------|------------|-----------------------------------|
| IP+02%SA | IP+03%SA | 4.72 | 0.7105883 | NO |
| IP+02%SA | IP+04%SA | 6.07 | 0.4166785 | NO |
| IP+03%SA | IP+04%SA | 1.35 | 0.9998357 | NO |

Nota: Elaboración propia.

En tabla 111, es el resultado de la prueba de hoc de Tukey con muestras de resistencia a la compresión a los 14 días con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04%. Se indica que existencia diferencia significativa entre los grupos 1 y grupo 2 cuando $p < \alpha$, siendo $\alpha=0.05$, si esto se cumple existe una diferencia significativa, con respecto a ello podemos detallar lo siguiente:

- Los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio influyen significativamente en la resistencia a la compresión en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04% en concreto con cemento portland tipo IP y con aditivos acelerantes de fragua a base sales alcalinas influyen significativamente en la resistencia a la compresión en dosificaciones del 02%, 03%, y 04%%, sin embargo, con una dosificación del 01% no influye significativamente para concreto con cemento portland tipo IP, esto con respecto a una edad de 14 días.
- Existe una diferencia significativa entre la resistencia a la compresión obtenidas con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro y sales alcalinas, a excepción de 01%CC con 03%CC, 01%CC con 04% SA, 01%SA con 02% SA, 01%SA con 03%SA, 01%SA con 04%SA, 02%SA con 03%SA, 02%SA con 04%SA, y 03%SA con 04%SA que no existen

diferencia significativa entre la resistencia a la compresión, esto con respecto a una edad de 14 días.

4.9.3. Prueba de hipótesis para muestras a los 28 días con cemento portland tipo IP, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas

Mediante la prueba de análisis de Varianza (ANOVA), se plantea si existe diferencia entre las medias de los grupos, posteriormente se realiza mediante el método de post hoc de Tukey la diferencia entre los grupos.

Tabla 112

Análisis de Varianza ANOVA con muestras de cemento portland tipo IP con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 28 días

| | Suma de Cuadrados | gl | Media Cuadrática | F | p evaluado |
|------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------|
| Entre grupos | 16475.1702 | 8 | 2059.39627 | 347.75568 | 4.0535E-18 |
| Dentro de grupos | 106.595333 | 18 | 5.92196296 | | |
| Total | 16581.7655 | 26 | 637.760211 | | |

Nota: Elaboración propia.

De la tabla 112, el resultado de la prueba de análisis de varianza (ANOVA) con respecto a la resistencia a la compresión a los 28 días portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04%, se obtiene que para nivel de significancia de valor 0.05, se evalúa que $4.0535E-18 < 0.05$ ($p < \alpha$), por lo tanto que aceptamos la hipótesis alterna (H_a), que si existe influencia al menos de una media entre los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en la resistencia a la compresión en concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con



cemento portland tipo IP a los 28 días, para analizar entre que grupos varia la media se realizara la prueba de post hoc de Tukey.

Tabla 113

Prueba post hoc de Tukey con muestras de cemento portland tipo Ip con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 28 días

| Grupo 1 | Grupo 2 | Diferencia entre medias | p evaluado | ¿Existe diferencia significativa? |
|-----------|----------|-------------------------|------------|-----------------------------------|
| IP-Patrón | IP+01%CC | 20.59 | 1.556E-07 | SI |
| IP-Patrón | IP+02%CC | 49.48 | 8.371E-14 | SI |
| IP-Patrón | IP+03%CC | 63.79 | 2.354E-14 | SI |
| IP-Patrón | IP+04%CC | 76.31 | 2.254E-14 | SI |
| IP-Patrón | IP+01%SA | 11.20 | 0.0006339 | SI |
| IP-Patrón | IP+02%SA | 14.48 | 2.577E-05 | SI |
| IP-Patrón | IP+03%SA | 18.74 | 6.52E-07 | SI |
| IP-Patrón | IP+04%SA | 19.14 | 4.758E-07 | SI |
| IP+01%CC | IP+02%CC | 28.89 | 6.723E-10 | SI |
| IP+01%CC | IP+03%CC | 43.19 | 6.942E-13 | SI |
| IP+01%CC | IP+04%CC | 55.72 | 3.253E-14 | SI |
| IP+01%CC | IP+01%SA | 9.39 | 0.0041367 | SI |
| IP+01%CC | IP+02%SA | 6.11 | 0.1124509 | NO |
| IP+01%CC | IP+03%SA | 1.85 | 0.9877453 | NO |
| IP+01%CC | IP+04%SA | 1.45 | 0.9974913 | NO |
| IP+02%CC | IP+03%CC | 14.30 | 3.047E-05 | SI |
| IP+02%CC | IP+04%CC | 26.83 | 2.285E-09 | SI |
| IP+02%CC | IP+01%SA | 38.28 | 5.928E-12 | SI |
| IP+02%CC | IP+02%SA | 35.00 | 2.711E-11 | SI |
| IP+02%CC | IP+03%SA | 30.74 | 2.384E-10 | SI |
| IP+02%CC | IP+04%SA | 30.34 | 2.963E-10 | SI |
| IP+03%CC | IP+04%CC | 12.53 | 0.0001679 | SI |
| IP+03%CC | IP+01%SA | 52.58 | 4.652E-14 | SI |
| IP+03%CC | IP+02%SA | 49.30 | 8.737E-14 | SI |
| IP+03%CC | IP+03%SA | 45.04 | 3.328E-13 | SI |
| IP+03%CC | IP+04%SA | 44.65 | 3.874E-13 | SI |
| IP+04%CC | IP+01%SA | 65.11 | 2.32E-14 | SI |
| IP+04%CC | IP+02%SA | 61.83 | 2.442E-14 | SI |
| IP+04%CC | IP+03%SA | 57.57 | 2.864E-14 | SI |

| Grupo 1 | Grupo 2 | Diferencia entre medias | p evaluado | ¿Existe diferencia significativa? |
|----------|----------|-------------------------|------------|-----------------------------------|
| IP+04%CC | IP+04%SA | 57.17 | 2.931E-14 | SI |
| IP+01%SA | IP+02%SA | 3.28 | 0.7664452 | NO |
| IP+01%SA | IP+03%SA | 7.54 | 0.0280638 | SI |
| IP+01%SA | IP+04%SA | 7.94 | 0.0187233 | SI |
| IP+02%SA | IP+03%SA | 4.26 | 0.4766748 | NO |
| IP+02%SA | IP+04%SA | 4.66 | 0.3680276 | NO |
| IP+03%SA | IP+04%SA | 0.40 | 0.9999999 | NO |

Nota: Elaboración propia.

En tabla 113, es el resultado de la prueba de hoc de Tukey con muestras de resistencia a la compresión a los 28 días con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04%. Se indica que existencia diferencia significativa entre los grupos 1 y grupo 2 cuando $p < \alpha$, siendo $\alpha=0.05$, si esto se cumple existe una diferencia significativa, con respecto a ello podemos detallar lo siguiente:

- Los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas influyen significativamente en la resistencia a la compresión en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04% en concreto con cemento portland tipo IP, esto con respecto a una edad de 28 días.
- Existe una diferencia significativa entre la resistencia a la compresión obtenidas con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro y sales alcalinas, a excepción de 01%CC con 02%SA, 01%CC con 03%SA, 01%CC con 04% SA, 01%SA con 02%SA, 02%SA con 03%SA, 02%SA con 04%SA, y 03%SA con 04%SA que no existen diferencia significativa entre la resistencia a la compresión, esto con respecto a una edad de 28 días.

4.9.4. Prueba de hipótesis para muestras a los 7 días con cemento portland tipo I, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas

Mediante la prueba de análisis de Varianza (ANOVA), se plantea si existe diferencia entre las medias de los grupos, posteriormente se realiza mediante el método de post hoc de Tukey la diferencia entre los grupos.

Tabla 114

Análisis de Varianza ANOVA con muestras de cemento portland tipo I con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 7 días

| | Suma de Cuadrados | gl | Media Cuadrática | F | p evaluado |
|------------------|-------------------|----|------------------|------------|------------|
| Entre grupos | 18411.0986 | 8 | 2301.38732 | 258.984092 | 5.6061E-17 |
| Dentro de grupos | 159.9518 | 18 | 8.88621111 | | |
| Total | 18571.0504 | 26 | 714.271168 | | |

Nota: Elaboración propia.

De la tabla 114, el resultado de la prueba de análisis de varianza (ANOVA) con respecto a la resistencia a la compresión a los 7 días portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04%, se obtiene que para nivel de significancia de valor 0.05, se evalúa que $5.6061E-17 < 0.05$ ($p < \alpha$), por lo tanto que aceptamos la hipótesis alterna (H_a), que si existe influencia al menos de una media entre los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en la resistencia a la compresión en concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cemento portland tipo I a los 7 días, para analizar entre que grupos varia la media se realizara la prueba de post hoc de Tukey.

Tabla 115

Prueba post hoc de Tukey con muestras de cemento portland tipo I con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 7 días

| Grupo 1 | Grupo 2 | Diferencia entre medias | p evaluado | ¿Existe diferencia significativa? |
|----------|---------|-------------------------|------------|-----------------------------------|
| I-Patrón | I+01%CC | 37.93 | 2.111E-10 | SI |
| I-Patrón | I+02%CC | 44.07 | 1.705E-11 | SI |
| I-Patrón | I+03%CC | 54.57 | 4.021E-13 | SI |
| I-Patrón | I+04%CC | 31.05 | 5.778E-09 | SI |
| I-Patrón | I+01%SA | 42.40 | 3.262E-11 | SI |
| I-Patrón | I+02%SA | 73.02 | 2.598E-14 | SI |
| I-Patrón | I+03%SA | 78.58 | 2.343E-14 | SI |
| I-Patrón | I+04%SA | 90.90 | 2.254E-14 | SI |
| I+01%CC | I+02%CC | 6.14 | 0.2834078 | NO |
| I+01%CC | I+03%CC | 16.64 | 5.997E-05 | SI |
| I+01%CC | I+04%CC | 6.88 | 0.1740688 | NO |
| I+01%CC | I+01%SA | 4.47 | 0.6593711 | NO |
| I+01%CC | I+02%SA | 35.09 | 7.756E-10 | SI |
| I+01%CC | I+03%SA | 40.65 | 6.624E-11 | SI |
| I+01%CC | I+04%SA | 52.97 | 6.805E-13 | SI |
| I+02%CC | I+03%CC | 10.50 | 0.0097101 | SI |
| I+02%CC | I+04%CC | 13.02 | 0.0011393 | SI |
| I+02%CC | I+01%SA | 1.67 | 0.9983886 | NO |
| I+02%CC | I+02%SA | 28.94 | 1.792E-08 | SI |
| I+02%CC | I+03%SA | 34.50 | 1.024E-09 | SI |
| I+02%CC | I+04%SA | 46.83 | 6.072E-12 | SI |
| I+03%CC | I+04%CC | 23.52 | 4.527E-07 | SI |
| I+03%CC | I+01%SA | 12.17 | 0.0023442 | SI |
| I+03%CC | I+02%SA | 18.44 | 1.522E-05 | SI |
| I+03%CC | I+03%SA | 24.00 | 3.333E-07 | SI |
| I+03%CC | I+04%SA | 36.33 | 4.348E-10 | SI |
| I+04%CC | I+01%SA | 11.35 | 0.0046971 | SI |
| I+04%CC | I+02%SA | 41.97 | 3.879E-11 | SI |
| I+04%CC | I+03%SA | 47.53 | 4.695E-12 | SI |
| I+04%CC | I+04%SA | 59.85 | 9.77E-14 | SI |
| I+01%SA | I+02%SA | 30.61 | 7.269E-09 | SI |
| I+01%SA | I+03%SA | 36.17 | 4.666E-10 | SI |
| I+01%SA | I+04%SA | 48.50 | 3.296E-12 | SI |

| Grupo 1 | Grupo 2 | Diferencia entre medias | p evaluado | ¿Existe diferencia significativa? |
|---------|---------|-------------------------|------------|-----------------------------------|
| I+02%SA | I+03%SA | 5.56 | 0.3988171 | NO |
| I+02%SA | I+04%SA | 17.88 | 2.315E-05 | SI |
| I+03%SA | I+04%SA | 12.32 | 0.0020582 | SI |

Nota: Elaboración propia.

En tabla 115, es el resultado de la prueba de hoc de Tukey con muestras de resistencia a la compresión a los 7 días con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04%. Se indica que existencia diferencia significativa entre los grupos 1 y grupo 2 cuando $p < \alpha$, siendo $\alpha=0.05$, si esto se cumple existe una diferencia significativa, con respecto a ello podemos detallar lo siguiente:

- Los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas influyen significativamente en la resistencia a la compresión en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04% en concreto con cemento portland tipo I, esto con respecto a una edad de 7 días.
- Existe una diferencia significativa entre la resistencia a la compresión obtenidas con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro y sales alcalinas, a excepción de 01%CC con 02%CC, 01%CC con 04%CC, 01%CC con 01%SA, 02%CC con 01%SA, y 02%SA con 03%SA que no existen diferencia significativa entre la resistencia a la compresión, esto con respecto a una edad de 7 días.

4.9.5. Prueba de hipótesis para muestras a los 14 días con cemento portland tipo I, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas

Mediante la prueba de análisis de Varianza (ANOVA), se plantea si existe diferencia entre las medias de los grupos, posteriormente se realiza mediante el método de post hoc de Tukey la diferencia entre los grupos.

Tabla 116

Análisis de Varianza ANOVA con muestras de cemento portland tipo I con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 14 días

| | Suma de Cuadrados | gl | Media Cuadrática | F | p evaluado |
|------------------|-------------------|----|------------------|-----------|------------|
| Entre grupos | 26384.2464 | 8 | 3298.0308 | 311.24384 | 1.0903E-17 |
| Dentro de grupos | 190.733267 | 18 | 10.5962926 | | |
| Total | 26574.9797 | 26 | 1022.1146 | | |

Nota: Elaboración propia.

De la tabla 116, el resultado de la prueba de análisis de varianza (ANOVA) con respecto a la resistencia a la compresión a los 14 días portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04%, se obtiene que para nivel de significancia de valor 0.05, se evalúa que $1.0903E-17 < 0.05$ ($p < \alpha$), por lo tanto que aceptamos la hipótesis alterna (H_a), que si existe influencia al menos de una media entre los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en la resistencia a la compresión en concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cemento portland tipo I a los 14 días, para analizar entre que grupos varia la media se realizara la prueba de post hoc de Tukey.

Tabla 117

Prueba post hoc de Tukey con muestras de cemento portland tipo I con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 14 días

| Grupo 1 | Grupo 2 | Diferencia entre medias | p evaluado | ¿Existe diferencia significativa? |
|----------------|----------------|--------------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| I-Patrón | I+01%CC | 36.55 | 1.692E-09 | SI |
| I-Patrón | I+02%CC | 63.19 | 1.552E-13 | SI |
| I-Patrón | I+03%CC | 92.70 | 2.276E-14 | SI |
| I-Patrón | I+04%CC | 95.44 | 2.265E-14 | SI |
| I-Patrón | I+01%SA | 15.13 | 0.0005681 | SI |
| I-Patrón | I+02%SA | 21.41 | 6.515E-06 | SI |
| I-Patrón | I+03%SA | 57.33 | 7.971E-13 | SI |
| I-Patrón | I+04%SA | 50.39 | 7.815E-12 | SI |
| I+01%CC | I+02%CC | 26.64 | 2.597E-07 | SI |
| I+01%CC | I+03%CC | 56.15 | 1.161E-12 | SI |
| I+01%CC | I+04%CC | 58.89 | 4.949E-13 | SI |
| I+01%CC | I+01%SA | 21.42 | 6.458E-06 | SI |
| I+01%CC | I+02%SA | 15.14 | 0.0005624 | SI |
| I+01%CC | I+03%SA | 20.78 | 9.856E-06 | SI |
| I+01%CC | I+04%SA | 13.84 | 0.0015294 | SI |
| I+02%CC | I+03%CC | 29.50 | 5.34E-08 | SI |
| I+02%CC | I+04%CC | 32.25 | 1.299E-08 | SI |
| I+02%CC | I+01%SA | 48.06 | 1.744E-11 | SI |
| I+02%CC | I+02%SA | 41.79 | 1.82E-10 | SI |
| I+02%CC | I+03%SA | 5.86 | 0.4421775 | NO |
| I+02%CC | I+04%SA | 12.80 | 0.0034231 | SI |
| I+03%CC | I+04%CC | 2.74 | 0.9770485 | NO |
| I+03%CC | I+01%SA | 77.57 | 2.787E-14 | SI |
| I+03%CC | I+02%SA | 71.29 | 4.219E-14 | SI |
| I+03%CC | I+03%SA | 35.36 | 2.91E-09 | SI |
| I+03%CC | I+04%SA | 42.31 | 1.48E-10 | SI |
| I+04%CC | I+01%SA | 80.31 | 2.554E-14 | SI |
| I+04%CC | I+02%SA | 74.03 | 3.364E-14 | SI |
| I+04%CC | I+03%SA | 38.11 | 8.488E-10 | SI |
| I+04%CC | I+04%SA | 45.05 | 5.166E-11 | SI |
| I+01%SA | I+02%SA | 6.28 | 0.358991 | NO |
| I+01%SA | I+03%SA | 42.20 | 1.542E-10 | SI |
| I+01%SA | I+04%SA | 35.26 | 3.053E-09 | SI |

| Grupo 1 | Grupo 2 | Diferencia entre medias | p evaluado | ¿Existe diferencia significativa? |
|---------|---------|-------------------------|------------|-----------------------------------|
| I+02%SA | I+03%SA | 35.93 | 2.246E-09 | SI |
| I+02%SA | I+04%SA | 28.98 | 7.059E-08 | SI |
| I+03%SA | I+04%SA | 6.94 | 0.2472603 | NO |

Nota: Elaboración propia.

En tabla 117, es el resultado de la prueba de hoc de Tukey con muestras de resistencia a la compresión a los 14 días con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04%. Se indica que existencia diferencia significativa entre los grupos 1 y grupo 2 cuando $p < \alpha$, siendo $\alpha=0.05$, si esto se cumple existe una diferencia significativa, con respecto a ello podemos detallar lo siguiente:

- Los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas influyen significativamente en la resistencia a la compresión en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04% en concreto con cemento portland tipo I, esto con respecto a una edad de 14 días.
- Existe una diferencia significativa entre la resistencia a la compresión obtenidas con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro y sales alcalinas, a excepción de 02%CC con 03%CC, 03%CC con 04%CC, 01%CC con 01%SA, 01%SA con 02%SA, y 03%SA con 04%SA que no existen diferencia significativa entre la resistencia a la compresión, esto con respecto a una edad de 14 días.

4.9.6. Prueba de hipótesis para muestras a los 28 días con cemento portland tipo I, y con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas

Mediante la prueba de análisis de Varianza (ANOVA), se plantea si existe diferencia entre las medias de los grupos, posteriormente se realiza mediante el método de post hoc de Tukey la diferencia entre los grupos.

Tabla 118

Análisis de Varianza ANOVA con muestras de cemento portland tipo I con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 28 días

| | Suma de Cuadrados | gl | Media Cuadrática | F | p evaluado |
|------------------|-------------------|----|------------------|------------|------------|
| Entre grupos | 15644.5481 | 8 | 1955.56851 | 101.349358 | 2.2291E-13 |
| Dentro de grupos | 347.3158 | 18 | 19.2953222 | | |
| Total | 15991.8639 | 26 | 615.071689 | | |

Nota: Elaboración propia.

De la tabla 118, el resultado de la prueba de análisis de varianza (ANOVA) con respecto a la resistencia a la compresión a los 28 días portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04%, se obtiene que para nivel de significancia de valor 0.05, se evalúa que $2.2291E-13 < 0.05$ ($p < \alpha$), por lo tanto que aceptamos la hipótesis alterna (H_a), que si existe influencia al menos de una media entre los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en la resistencia a la compresión en concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cemento portland tipo I a los 28 días, para analizar entre que grupos varia la media se realizara la prueba de post hoc de Tukey.

Tabla 119

Prueba post hoc de Tukey con muestras de cemento portland tipo I con aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y sales alcalinas, con respecto a la resistencia a la compresión a los 28 días

| Grupo 1 | Grupo 2 | Diferencia entre medias | p evaluado | ¿Existe diferencia significativa? |
|----------|---------|-------------------------|------------|-----------------------------------|
| I-Patrón | I+01%CC | 42.84 | 1.671E-08 | SI |
| I-Patrón | I+02%CC | 55.39 | 2.458E-10 | SI |
| I-Patrón | I+03%CC | 53.37 | 4.575E-10 | SI |
| I-Patrón | I+04%CC | 61.38 | 4.392E-11 | SI |
| I-Patrón | I+01%SA | 0.14 | 1 | NO |
| I-Patrón | I+02%SA | 4.66 | 0.9186965 | NO |
| I-Patrón | I+03%SA | 11.36 | 0.0951108 | NO |
| I-Patrón | I+04%SA | 17.61 | 0.0028191 | SI |
| I+01%CC | I+02%CC | 12.55 | 0.0504617 | NO |
| I+01%CC | I+03%CC | 10.53 | 0.144143 | NO |
| I+01%CC | I+04%CC | 18.55 | 0.0016472 | SI |
| I+01%CC | I+01%SA | 42.70 | 1.759E-08 | SI |
| I+01%CC | I+02%SA | 38.17 | 1.031E-07 | SI |
| I+01%CC | I+03%SA | 31.48 | 1.896E-06 | SI |
| I+01%CC | I+04%SA | 25.22 | 4.153E-05 | SI |
| I+02%CC | I+03%CC | 2.02 | 0.9996071 | NO |
| I+02%CC | I+04%CC | 6.00 | 0.7549216 | NO |
| I+02%CC | I+01%SA | 55.25 | 2.562E-10 | SI |
| I+02%CC | I+02%SA | 50.72 | 1.065E-09 | SI |
| I+02%CC | I+03%SA | 44.03 | 1.075E-08 | SI |
| I+02%CC | I+04%SA | 37.77 | 1.214E-07 | SI |
| I+03%CC | I+04%CC | 8.02 | 0.4253529 | NO |
| I+03%CC | I+01%SA | 53.23 | 4.775E-10 | SI |
| I+03%CC | I+02%SA | 48.70 | 2.083E-09 | SI |
| I+03%CC | I+03%SA | 42.01 | 2.281E-08 | SI |
| I+03%CC | I+04%SA | 35.75 | 2.828E-07 | SI |
| I+04%CC | I+01%SA | 61.25 | 4.559E-11 | SI |
| I+04%CC | I+02%SA | 56.72 | 1.65E-10 | SI |
| I+04%CC | I+03%SA | 50.03 | 1.339E-09 | SI |
| I+04%CC | I+04%SA | 43.77 | 1.183E-08 | SI |
| I+01%SA | I+02%SA | 4.53 | 0.930066 | NO |
| I+01%SA | I+03%SA | 11.22 | 0.1020314 | NO |
| I+01%SA | I+04%SA | 17.48 | 0.0030505 | SI |

| Grupo 1 | Grupo 2 | Diferencia entre medias | p evaluado | ¿Existe diferencia significativa? |
|---------|---------|-------------------------|------------|-----------------------------------|
| I+02%SA | I+03%SA | 6.69 | 0.6424183 | NO |
| I+02%SA | I+04%SA | 12.95 | 0.0405269 | SI |
| I+03%SA | I+04%SA | 6.26 | 0.7141784 | NO |

Nota: Elaboración propia.

En tabla 119, es el resultado de la prueba de hoc de Tukey con muestras de resistencia a la compresión a los 28 días con cemento portland tipo I y aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04%. Se indica que existencia diferencia significativa entre los grupos 1 y grupo 2 cuando $p < \alpha$, siendo $\alpha=0.05$, si esto se cumple existe una diferencia significativa, con respecto a ello podemos detallar lo siguiente:

- Los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio influyen significativamente a la resistencia a la compresión a los 28 días con cemento portland tipo I con dosificaciones del 01, 02%, 03%, 04%, y con aditivos acelerantes de fragua a base de sales alcalinas solo con una dosificación de 04% influye significativamente en la resistencia a la compresión; sin embargo, con una dosificación del 01%, 02%, y 03% no influye significativamente a la resistencia a la compresión con cemento portland tipo I, esto con respecto a una edad de 28 días.
- Existe una diferencia significativa entre la resistencia obtenidas con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro y sales alcalinas, a excepción de 01%CC con 02%CC, 01%CC con 03% CC, 02%CC con 03%CC, 02%CC con 04%CC, 03%CC con 04%CC, 01%SA con 02%SA, 01%SA con 03%SA, 02%SA con 03%SA, y con 03%SA con 04%SA que



no existen diferencia entre sus medias, esto con respecto a una edad de resistencia a la compresión de 28 días.

4.10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.10.1. Discusión del objetivo general

Con respecto a la influencia de los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas en la resistencia a la compresión, estas dosificadas en 1%, 2%, 3% y 4% en concretos elaborados con cemento portland tipo I y IP, en la ciudad de Puno, año 2024, se discute los resultados en los siguientes puntos.

En el caso del concreto con cemento portland tipo IP, se presenta una influencia negativa en la resistencia a la compresión a razón que no llega a la resistencia de diseño a los 14 y 28 días con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro y sales alcalinas, sin embargo, a los 7 días el aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas aumenta la resistencia a la compresión, caso contrario el aditivo acelerante de fragua base de cloruro de calcio disminuye desde los 7 días su resistencia a la compresión, con respecto a estos resultados se tiene relación con lo indicado con Ponce (2016) que los aditivos acelerantes a base de cloruro de calcio como Sika 3 y Chema 5 disminuyen la resistencia a la compresión, caso contrario ocurre con Arenas (2022) que con aditivo a base de sales alcalinas como Chema 3, aumenta la resistencia a la compresión del concreto en las edades de 7 y 28 días.

En el caso del concreto con cemento portland tipo I, se tiene una influencia positiva el aumento de la resistencia a la compresión con los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio, esto guarda relación con lo indicado por



Castellón y de la Ossa (2013) y Bautista (2019) que concluyeron que los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio como son Accelguard 25 y Sika 3 influyen positivamente en el aumento de la resistencia a la compresión de concretos con cemento portland tipo I; y Santillán (2019) y Bautista (2019) concluyeron que los aditivos acelerantes de fragua a base de sales alcalinas como Chema 3, sin embargo Cachay (2021), obtiene que el aditivo Accelguard 100 que es libre de cloruros, incrementa la resistencia a la compresión a los 7 y 14 días, sin embargo disminuye la resistencia a los 28 días un 12.72%, este resultado de Cachay (2021) varía a que su aditivo tiene otra composición que es a base de nitrato de calcio, tiocianato de sodio, y ácido bórico.

4.10.2. Discusión del objetivo específico N° 01

De acuerdo a los resultados obtenidos, indicaremos los siguientes puntos a discutir.

Para muestras de concretos patrones (sin aditivos) con cementos portland tipo I y IP, diseñados mediante el método ACI para un concreto $f'c=210$ kg/cm². El resultado de la muestra de concreto patrón con cemento portland tipo IP a los 28 días alcanza la resistencia a la compresión de 210.92 kg/cm² cumpliendo con el diseño, este resultado guarda relación con Aragón (2021) y Arenas (2022) que obtuvieron a los 28 días valores de 211.00 y 218.41 kg/cm². En caso, del resultado de la muestra de concreto patrón con cemento portland tipo I a los 28 días alcanza la resistencia a la compresión de 339.64 kg/cm² llegando a 161.73% con respecto a la resistencia de diseño, esto indica una elevada ganancia a la resistencia a la compresión, sin embargo este resultado guarda relación con Vela (2023), Molina (2022), Aragón (2021), Santillán (2019) y Vicente (2016) que obtuvieron a los 28



días valores de 390.43, 332.60, 402.00, 305.79 y 356.67 kg/cm² respectivamente, estos autores diseñaron para un concreto $f'c=210$ kg/cm², esto indica que el cemento portland tipo I tiene una ganancia superior de resistencia a la compresión a comparación del cemento portland tipo IP; debiéndose a la diferencia en la composición entre los cementos portland tipo I y IP.

En el concreto con cemento portland tipo IP y aditivo acelerante de fragua a base de cloruro calcio, los resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días respecto a la resistencia a la compresión máxima es 135.39, 155.16, y 190.32 kg/cm² con dosificaciones del 01%, disminuye en -2.63%, -13.74, -9.77% la resistencia a la compresión respectivamente, esta disminución de resistencia a la compresión guarda relación con los resultados de Ponce (2016) que unos aditivos acelerantes a base de cloruro de calcio, con máximas dosificaciones máximas (5.6%) obtiene resultados a los 7 y 14 de 146.83 y 138.17 kg/cm² disminuyendo la resistencia en -18.72% y 36.93%.

En el concreto con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua a base de sales alcalinas, los resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días respecto a la resistencia a la compresión máxima es 152.87, 171.77, y 199.71 kg/cm² con dosificaciones del 03%, 01%, 01% aumentando a los 7 días 9.95% la resistencia a la compresión y disminuyendo a los 14 y 28 días -4.51% y -5.31% la resistencia a la compresión, estos resultados guardan relación con lo obtenido por Nina y Condori (2018) que a los 7 días obtuvo una resistencia a la compresión de 195.87 kg/cm² aumentando 3.27% con respecto al patrón, y a los 14 días obtuvo una resistencia a la compresión de 218.27 kg/cm² disminuyendo en -3.41% con respecto al patrón, teniendo la relación que a los 7 días aumenta la resistencia a la compresión y a los 14 días disminuye la resistencia a la compresión, caso contrario



Arenas (2022) concluye que el aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas aumenta la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, no guardando relación con nuestros resultados.

En el concreto con cemento portland tipo I y aditivo acelerante de fragua a base cloruro de calcio, los resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días con respecto a la resistencia a la compresión máxima es 246.41, 365.49, 401.02 kg/cm² con dosificaciones del 03%, 04% y 04% aumentado 28.45%, 35.34% y 18.07% la resistencia a la compresión, estos resultados guardan relación con Bautista (2019) que a los 7 días con respecto a la resistencia a la compresión obtiene 209.48 kg/cm² con una dosificación del 04% aumentado 27.69%, y el autor Castellón y de la Ossa (2019) obtiene un aumento de 19.47% con respecto al patrón, a los 14 días de edad del concreto.

En el concreto con cemento portland tipo I y aditivo acelerante de fragua a base sales alcalinas, los resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días con respecto a la resistencia a la compresión máxima es 282.74, 327.39, 357.25 kg/cm² con dosificaciones del 04%, 03% y 04% aumentando 47.38%, 21.23%, y 5.18%, estos resultados guardan relación con Santillán (2019) que a los 7, 14 y 28 días obtiene resultados de 276.75, 333.57, 370.39 kg/cm² con dosificaciones del 1.76% (750 ml por bolsa de cemento) aumentando en 29.69%, 21.23%, y 21.13% la resistencia a la compresión.

4.10.3. Discusión del objetivo específico N° 02

Con respecto al concreto $f'c = 210$ kg/cm² con cemento portland tipo I, dosificado con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas, se concluye de los resultados que el aditivo acelerante de fragua a base



de cloruro de calcio tiene más eficacia con respecto al aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas, esta interpretación guarda concordancia con lo indicado por Solís, Hay, & Zaragoza (2022) que concluyen que los aditivos acelerantes a base de cloruro de calcio actúan con mayor eficacia con respecto al aditivo acelerantes libres de cloruro.

4.10.4. Discusión del objetivo específico N° 03

Con respecto al concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento portland tipo IP, dosificado con aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas, se concluye de los resultados que el aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas tiene más eficacia con respecto al aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio, esta interpretación guarda concordancia con lo indicado por Ponce (2016) que concluyen que los aditivos acelerantes de fragua a base de sales alcalinas actúan con mayor eficacia con respecto al aditivo acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio.

4.10.5. Discusión del objetivo específico N° 04

La diferencia entre aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio, con respecto al desarrollo de la resistencia a la compresión, se detalla a continuación para los dos tipos de cemento portland tipo I y IP.

En el concreto con cemento portland tipo IP, existe la diferencia en la resistencia a la compresión del concreto entre aditivos a base de sales alcalinas y a base de cloruros con dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04% se tiene las diferencias a los 7 días de 9.98, 19.45, 31.87, y 42.27 kg/cm^2 , a los 14 días de 16.61, 23.51, 29.04, 37.21 kg/cm^2 , y a los 28 días de 9.39, 35.00, 45.04 y 57.18 kg/cm^2 , estos resultados tienen relación con lo obtenido con Ponce (2016) el cual



indica diferencias significativas entre aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y libres de cloruros, los cuales los aditivos acelerantes de fragua libres de cloruro tuvieron mejores resultados,

En el concreto con cemento portland tipo I, existe la diferencia en la resistencia a la compresión del concreto entre aditivos a base de sales alcalinas y a base de cloruros con dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04% se tiene las diferencias a los 7 días de 4.47, 28.94, 24.00 y 59.85 kg/cm², a los 14 días de 21.42, 41.79, 35.36 kg/cm², estos resultados tienen relacion con lo obtenido con Solís, Hay, & Zaragoza (2022) el cual obtiene resultados de diferencia entre aditivos acelerantes de fragua con cloruro de calcio y libres de cloruros en concreto con cemento portland tipo I, existiendo diferencias entre estos dos tipos de aditivos, el cual el aditivo acelerante de fragua a base de cloruro obtuvo mejores resultados.

4.10.6. Discusión del objetivo específico N° 05

Con respecto a los costos por m³ del concreto con la adición de aditivos acelerantes de fragua, se detalla los siguientes puntos.

En el concreto con cemento portland tipo IP, se tiene un costo patrón de S/. 508.64, en el caso de los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio los costos para dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4% aumenta en 5.94% por cada por porcentaje, en el caso de aditivos acelerantes de fragua a base de sales alcalinas los costos para dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4% aumenta en 7.65% por cada por porcentaje, esto tiene relación con respecto a lo que indica Ponce (2016) que indica un aumento del 5.77% siendo su costo base de S/. 287.81, esto también indica una diferencia entre los costos de cada año.



En el concreto con cemento portland tipo I, se tiene un costo patrón de S/. 524.30, en el caso de los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio los costos para dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4% aumenta en 5.77% por cada por porcentaje, en el caso de aditivos acelerantes de fragua a base de sales alcalinas los costos para dosificaciones del 1%, 2%, 3% y 4% aumenta en 7.42% por cada por porcentaje, comparado con los costos que indica Ponce (2016) pero para cemento portland tipo IP, y con el resultado de nuestros costos con cemento portland tipo IP, resulta el costo muy similar, por otro lado el cemento portland tipo I tiene mejores resultados con respecto a la resistencia a la compresión, lo cual lo hace tener ventaja respecto al costo-beneficio.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: Con respecto a la influencia de los aditivos acelerantes de fragua en la resistencia a la compresión en concreto $f^c=210$ kg/cm², elaborados con cemento portland tipo I y IP, se ha llegado a lo siguiente:

En el caso del concreto con cemento portland tipo IP, los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas, influyeron de manera negativa en el desarrollo de la resistencia a la compresión.

En el caso del concreto con cemento portland tipo I, los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio y sales alcalinas influyeron positivamente en el aumento de la resistencia a la compresión a diferentes edades.

SEGUNDA: Con respecto a las resistencias máximas alcanzadas, se ha llegado a lo siguiente.

Para concretos patrones (sin aditivos) con cemento portland tipo I y IP con un diseño $f^c=210$ kg/cm², se alcanza resistencia a los 7, 14 y 28 días para un cemento portland tipo IP de 139.04, 179.88 y 210.92 kg/cm² respectivamente y para cemento portland tipo I de 191.84, 270.05, y 339.64 kg respectivamente.

En el concreto con cemento portland tipo IP y aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio se obtuvo las resistencias máximas a la compresión a los 7, 14 y 28 días de 135.39, 155.16 y 190.32 kg/cm² con

una dosificación del 01%, estos resultados son menores a la resistencia patrón.

En el concreto con cemento portland tipo IP y aditivos acelerantes de fragua a base de sales alcalinas se obtuvo las resistencias máximas a la compresión a los 7, 14 y 28 días de 152.87, 171.77, y 199.71 kg/cm² con dosificaciones del 02%, 01% y 01% respectivamente; los resultados en los 7 días evidencian un aumento de resistencia y en el caso de 14 y 28 días existe una disminución de la resistencia respecto a la muestra patrón.

En el concreto con cemento portland tipo I y aditivo acelerante de fragua a base cloruro de calcio se obtuvo las resistencias máximas a la compresión a los 7, 14 y 28 días de 246.41, 365.49, y 401.02 kg/cm² con dosificaciones del 03%, 04% y 04%; los resultados evidencian un aumento de la resistencia a la compresión con respecto a la muestra patrón.

En el concreto con cemento portland tipo I y aditivo acelerante de fragua a base de sales alcalinas se obtuvo las resistencias máximas a la compresión a los 7, 14 y 28 días de 282.74, 327.39, y 357.25 kg/cm² con dosificaciones del 04%, 03% y 04%; los resultados evidencian un aumento de la resistencia a la compresión con respecto a la muestra patrón.

TERCERA: Se determinó en el concreto con cemento portland tipo I, que el aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio actuó de mejor manera que el otro aditivo, teniendo mejores resultados a los 14 y 28 días, teniendo un resultado una resistencia de 401.02 kg/cm², siendo favorable en un aumento del 18.07% con respecto al patrón a los 28 días, con una dosificación del 04%.



CUARTA: Se determinó en el concreto con cemento portland tipo IP, que el aditivo acelerante de fragua a base de sales actuó mejor con respecto al otro aditivo, teniendo resultados favorables a los 7 días y desfavorables a los 14 y 28 días; concluyendo que ninguno de los dos tipos de aditivos acelerantes de fragua estudiados es recomendando para su uso en concreto con cemento portland tipo IP en la ciudad de Puno, porque tiene resultado desfavorable a los 28 días del -36.18% con respecto a la resistencia patrón usando aditivo acelerante a base de cloruro de calcio.

QUINTA: Con respecto a las diferencias en el desarrollo de la resistencia a la compresión para cada tipo de aditivo acelerante de fragua y cemento portland, se ha llegado a lo siguiente:

En el concreto con cemento portland tipo IP, existe la diferencia en la resistencia a la compresión del concreto entre aditivos a base de sales alcalinas y a base de cloruros con dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04% se tiene las diferencias a los 7 días de 9.98, 19.45, 31.87, y 42.27 kg/cm², a los 14 días de 16.61, 23.51, 29.04, 37.21 kg/cm², y a los 28 días de 9.39, 35.00, 45.04 y 57.18 kg/cm².

En el concreto con cemento portland tipo I, existe la diferencia en la resistencia a la compresión del concreto entre aditivos a base de sales alcalinas y a base de cloruros con dosificaciones del 01%, 02%, 03% y 04% se tiene las diferencias a los 7 días de 4.47, 28.94, 24.00 y 59.85 kg/cm², a los 14 días de 21.42, 41.79, 35.36 y 45.05 kg/cm², y a los 28 días de 42.70, 50.72, 42.01, y 43.07 kg/cm².



SEXTA: Con respecto al costo por metro cubico de concreto, se ha llegado a lo siguiente:

En el concreto con cemento portland tipo IP, tiene un costo patrón de S/. 508.64, y para los porcentajes de dosificación del 01%, 02%, 03%, y 04% para los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio es de S/.538.90, S/. 569.16, 599.42 y S/. 629.68, y para los aditivos acelerantes de fragua a base de sales alcalinas es de S/. 547.55, S/. 586.46, S/. 625.37, y S/. 664.28; sin embargo, en ninguno de los tipos de aditivos es beneficioso el aumento de la resistencia a la compresión, porque disminuyen la resistencia entre -5.31% y -36.18%.

En el concreto con cemento portland tipo I, tiene un costo patrón de S/. 524.30, y para los porcentajes de dosificación del 01%, 02%, 03% y 04% para los aditivos acelerantes de fragua a base de cloruro de calcio es de S/. 554.56, S/. 584.83, S/. 584.83 y S/. 615.09, y para los aditivos acelerantes de fragua a base de sales alcalinas es de S/. 563.21, S/. 602.13, S/. 641.04 y S/. 679.95; con respecto a la resistencia es más viable económicamente el uso de aditivo acelerante de fragua a base de cloruro de calcio con una dosificación del 01%, llegando a los 7 días a una resistencia de 229.7 kg/cm², cumpliendo la resistencia de diseño $f'_c=210$ kg/cm², incrementando el costo en 5.77% con respecto al patrón.



VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se recomienda hacer pruebas antes de la elaboración del concreto en obra, al usar aditivos acelerantes de fragua para ver la influencia en la resistencia a la compresión del concreto, con los insumos que se desea usar.
- SEGUNDA:** Se recomienda realizar un reajuste al diseño de mezclas del método ACI, a razón que el concreto elaborado con cemento portland tipo I, llega a altas resistencias a los 28 días (339.64 kg/cm²) con referente al diseño de $f'c=210$ kg/cm².
- TERCERA:** Se recomienda analizar otros aditivos acelerantes de fragua de diferente composición, con respecto al concreto con cemento portland tipo IP, a razón que los aditivos estudiados tuvieron resultados desfavorables con respecto a este cemento.
- CUARTA:** Se recomienda analizar con otros porcentajes fuera de los porcentajes estudiados, para ver su comportamiento en el desarrollo de la resistencia a la compresión en concreto con cemento portland tipo I
- QUINTA:** Se recomienda analizar las diferencias en el desarrollo de la resistencia a la compresión con respecto a otros aditivos acelerantes de fragua que existe en el mercado.
- SEXTA:** Se recomienda analizar otros aditivos acelerantes de fragua y tipos de cemento en el mercado, para analizar el costo beneficio por metro cubico.



VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto (Teoría y problemas)*. Lima - Perú: San Marcos E.I.R.L.
- ACHE. (2010). *Manual de tecnología de aditivos en el hormigón*. España: Asociación Española de Ingeniería Estructural.
- ACI 214R. (2011). *Guía para la evaluación de Resultados de las pruebas de resistencia del hormigón*. American Concret Institute.
- ACI Committee 211. (2011). *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete*. American Concrete Institute.
- Aragón Choque, Y. V. (2021). Análisis comparativo de la edad vs la resistencia a la compresión del concreto elaborado con las marcas de cementos Portland tipo I-IP en la ciudad de Puno 2018. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Altiplano, Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14694>
- Arenas Condori, J. T. (2022). Análisis de la influencia de acelerantes de fragua y resistencia en las propiedades mecánicas del concreto convencional, Puno 2022. (Tesis de licenciatura). Universidad Cesar Vallejo, Puno. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/98184>
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación, Introducción a la metodología científica*. Venezuela: Editorial Episteme.
- ASTM C1064. (2017). *Método de prueba estándar para la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado*. ASTM.
- ASTM C-188. (2023). *Método de prueba estándar para*. American Association State.
- ASTM C494. (2019). *Especificación estándar para aditivos químicos para concreto*. ASTM internacional.
- Bautista Puente, D. M. (2019). Evaluación de la influencia del porcentaje de aditivo de tipo acelerante en el diseño y la resistencia a la compresión del concreto de rápido fraguado – Yanahuanca – Pasco – 2019. (tesis de licenciatura). Universidad



Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco. Obtenido de
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1700>

- Beltrán Razura, Á. (2012). *Costos y presupuestos*. Instituto tecnologico de Tepic.
- Borja Suarez, M. (2016). *Metodologia de investigación para ingenieros*. Chiclayo - Peru.
- Cachay Huamán, R. (2021). Influencia de la aplicación del aditivo acelerantes de resistencia temprana en las propiedades del concreto. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Nacional de Ingenieria, Lima.
- Castellón Corrales, H., & Karen, D. I. (2013). Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cemento portland tipo I y III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes. *Tesis de Licenciatura*. Universidad de Cartagena, Cartagena de las Indias.
- Devore, J. (2008). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: Cengage Learning.
- E060. (2009). *Concreto Armado. Reglamento nacional de Edificaciones*.
- Flores Tapia, C. E., & Flores Cevallos, K. L. (2021). *Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnow*. Societas. Revista de Ciencias Sociales y Humanísticas.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodologia de la investigación*. Mexico: McGraw Hill.
- Ibañez, W. (2010). *Costo y tiempo en carreteras*. Perú: Editora Macro EIRL.
- Matallana Rodriguez, R. (2019). *El concreto fundamentos y nuevas tecnologías*. Medellin: Corona.
- Metha, K., & Monteiro, P. (1998). *Concreto estructura, propiedades y materiales*. Mexico: Prentice - Hall.
- Molina Castro, J. L. (2022). Análisis comparativo de las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=280$ kg/cm² adicionando cemento Yura, Sol, Apurímac – 2022. (Tesis de Licenciatura). Universidad César Vallejo, Apurimac.



- Muñoz Espicel, M. A., & Concha Pérez, P. A. (2007). *Manual de analisis de costos y presupuesto de un edificio tipico de altura para la región de Magallanes.*
- Neville, A. M. (1999). *Tecnología del concreto.* Mexico: Instituto mexicano del cemento y del concreto, A.C.
- Nina Tores, B. S., & Condori Quispe, E. E. (2018). Evaluación e Influencia de los Aditivos Acelerantes de Fragua y Endurecimiento en Especímenes de Concreto Usando Cemento Tipo IP en la Ciudad de Tacna. (Tesis de licenciatura). Universidad Privada de Tacna, Tacna. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/556>
- NTP 334.005. (2018). *CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la densidad del cemento Pórtland.* Inacal, Perú.
- NTP 334.009. (2020). *CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos.* Inacal, Perú.
- NTP 334.082. (2020). *CEMENTOS. Cemento hidráulico. Requisitos de desempeño.* Inacal, Perú.
- NTP 334.090. (2020). *CEMENTOS. Cementos hidráulicos adicionados. Requisitos.* Inacal, Perú.
- NTP 339.034. (2021). *CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo en muestras cilindricas.* Inacal.
- NTP 339.035. (2021). *CONCRETO. Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico. Método de ensayo.* Inacal, Perú.
- NTP 339.088. (2019). *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento hidráulico. Requisitos.* Inacal, Perú.
- NTP 339.183. (2021). *CONCRETO. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.* Inacal, Perú.
- NTP 339.185. (2021). *AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo.* Inacal, Perú.



- NTP 400.012. (2021). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo.* Inacal, Perú.
- NTP 400.017. (2020). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.* Inacal, Perú.
- NTP 400.020. (2020). *AGREGADOS. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño grande por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Método de ensayo.* Inacal, Perú.
- NTP 400.021. (2020). *AGREGADOS. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo.* Inacal, Perú.
- NTP 400.022. (2024). *AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo.* Inacal, Perú.
- NTP 400.024. (2020). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto.* Inacal, Perú.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Temas de tecnología del concreto en el Perú.* Lima - Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Ponce Córdova, E. S. (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. (Tesis de licenciatura). Universidad Andina del Cusco, Cusco. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12557/724>
- Ramos Salazar, J. (2015). *Costos y presupuestos en edificaciones.* Perú: Editora Macro EIRL.
- Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto.* Lima - Perú: Capítulo peruano ACI.
- Romero Saldaña, M. (2016). *Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal.* Revista de enfermería del trabajo.
- Sánchez de Guzman, D. (2001). *Tecnología del concreto y mortero.* Colombia: Bhandar Editores LTDA.



- Santillán Requelme, M. (2019). Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c:280\text{kg/cm}^2$ con aditivo chema 3 utilizando cemento pacasmayo tipo I y cemento inka ultra resistente tipo Ico. (tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3029>
- Solis, R., Hay, D., & Jesus, N. Z. (2022). Effect of Accelerant Additives in Concrete with Limestone Aggregate in Warm Weather. (Artículo científico). Departamento de construcción de Mexico - Yucatan, Mexico.
- Torre Carrillo, A. (2004). *Curso basico de tecnologia del concreto*. Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Triola, M. (2009). *Estadística*. Mexico: Pearson educación.
- Vela Espíritu, E. H. (2023). Evaluación de las propiedades físico mecánicas de las diferentes marcas de cemento portland tipo I comercializadas en el distrito de Panao - Huánuco - 2022. (Tesis de licenciatura). Universidad de Huanuco, Huanuco.
- Vicente Mercado, R. A. (2016). Diferencia en la resistencia de los concretos por efecto de los tipos de cemento comercializados en la ciuda de Tacna, 2016. (tesis de licenciatura). Universidad Privada de Tacna, Tacna.



ANEXOS

ANEXO 01. Panel fotográfico.

ANEXO 02. Tablas estadísticas.

ANEXO 03. Constancia de ensayos de laboratorio.

ANEXO 04. Fichas de ensayos realizados en laboratorio.

ANEXO 05. Costos de mano de obra.

ANEXO 06. Matriz de consistencia.

ANEXO 07. Características de los materiales.



ANEXO 08. Declaración jurada de autenticidad de tesis.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Juan Oscar Mamani Ari
identificado con DNI 75879064 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
“ Influencia de aditivos acelerantes de fragua en la resistencia
a la compresión en concretos elaborados con cementos portland
tipo I y IP, Puno 2024. ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 11 de diciembre del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 09. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Juan Oscar Mamani Ari
identificado con DNI 75879084 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Civil.

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Influencia de aditivos acelerantes de fragua en la resistencia a la compresión en concretos elaborados con cementos portland tipo I y IP, Puno 2024."

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contrasena, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 11 de diciembre del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella