



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



**“USO DEL AGUA CALIENTE EN CONTRASTE AL ADITIVO
ANTICONGELANTE PARA CONCRETO PRE MEZCLADO 210
kg/cm² EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEMPERATURAS
INFERIORES A 5°C EN LA REGIÓN PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

TEODORO TORRES DIAZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

**USO DEL AGUA CALIENTE EN CONTRAS
TE AL ADITIVO ANTICONGELANTE PAR
A CONCRETO PRE MEZCLADO 210 kg/c
m² EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEM
PERATURAS INFERIORES A 5°C EN LA R
EGIÓN PUNO**

AUTOR

TEODORO TORRES DIAZ

RECuento de palabras

61371 Words

RECuento de caracteres

319087 Characters

RECuento de páginas

251 Pages

Tamaño del archivo

9.3MB

Fecha de entrega

Nov 8, 2022 9:33 AM GMT-5

Fecha del informe

Nov 8, 2022 9:36 AM GMT-5

● **19% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cros

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)


Ing. Samuel Pitaquis Cáceres
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 2007537


Ing. Emilio Castillo Aroni
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 20514

Resumen



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, a mi madre y familiares, por haberme acompañado en cada paso dado, cuidándome y brindándome fortaleza, apoyo, recomendaciones y valor para superar cada reto que se me presentó en la vida, sin desconfiar ni un solo momento en mis capacidades y aptitudes. Sin ellos nada de este proyecto hubiera sido posible.



AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a Dios, las autoridades de la Universidad Nacional del Altiplano, la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y de manera muy especial a los docentes que me acompañaron a lo largo de mi formación profesional compartiendo sus conocimientos y experiencias e incentivándome a ser profesional; sin el cual esta investigación no tendría el valor que tiene ya que no basta contar con las herramientas, si no hay que saber usarlas.

Asimismo, agradezco a todos mis amigos y todas aquellas personas que me motivaron y brindaron apoyo, tiempo e información para el logro de mis objetivos.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE ACRÓNIMOS

RESUMEN17

ABSTRACT.....18

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....22

1.1.1.Descripción del Problema22

1.1.2.Enunciado del Problema.....23

1.1.3.Preguntas Específicas24

1.2. JUSTIFICACIÓN.....24

1.3. OBJETIVOS25

1.3.1. Objetivo General25

1.3.2. Objetivos Específicos25

1.4. HIPÓTESIS.....26

1.4.1. Hipótesis General26

1.4.2. Hipótesis Específicas.....26

1.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN26

1.5.1. Tipo de Investigación26

1.5.1.1. Según su Alcance.....26

1.5.1.2. Según su Enfoque27

1.6. UNIDAD DE ANÁLISIS PARA LA INVESTIGACIÓN27

1.6.1. Población y Muestra.....27

1.6.2. Ubicación Geográfica del Ensayo28

1.6.3. Muestra.....29

1.6.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos31

1.6.4.1. Técnicas31



1.6.4.2. Instrumentos.....	33
1.6.4.3. Métodos de Recolección de Datos.....	34
1.6.4.4. Técnicas de Elaboración y Análisis de Datos.....	34
1.6.4.5. Técnica de Procesamiento.....	35
1.6.4.6. Análisis de los Datos.....	35
1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	35
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. MARCO TEÓRICO.....	37
2.1.1. Antecedentes.....	37
2.2. REQUISITOS PARA EL HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO (CIRSOC).....	53
2.2.1. Vaciado del Concreto en Tiempo Frío.....	53
2.2.1.1. Temperatura de Colocación del Concreto Fresco.....	54
2.2.1.2. Temperaturas Máximas para Calentar los Materiales.....	55
2.2.1.3. Preparación del Concreto.....	55
2.2.1.4. Colocación del Concreto.....	55
2.2.1.5. Protección y Curado del Concreto.....	56
2.2.2. Vaciado del Concreto en Tiempo Caluroso.....	59
2.2.2.1. Temperaturas de Colocación del Concreto Fresco.....	59
2.2.2.2. Reducir la Temperatura del Concreto.....	60
2.2.2.3. Preparación del Concreto.....	60
2.2.2.4. Colocación del Concreto.....	61
2.2.2.5. Protección y Curado del Concreto.....	61
2.3. INFORME DEL COMITÉ ACI 201.....	62
2.3.1. Congelamiento y Deshielo.....	62
2.3.1.1. Acción de las Heladas en el Concreto.....	63
2.3.1.2. Recomendaciones para Lograr Estructuras Durables.....	64
2.3.1.3. Relación a/c.....	65
2.3.1.4. Materiales.....	65
2.3.1.5. Curado.....	69
2.3.1.6. Temperatura del Agua de Mezclado.....	70
2.3.2. Requisitos para el Concreto en Clima Frío Según la Norma E 060.....	72
2.3.2.1. El Clima en la Región Puno.....	73
2.3.2.2. Evaluación de la Temperatura Máxima y Mínima en la Ciudad de Puno.....	73



2.4. CONCEPTOS Y TÉRMINOS TERMODINÁMICOS FUNDAMENTALES	75
2.4.1. Temperatura	75
2.4.2. Presión	75
2.4.3. Equilibrio de Fases	75
2.4.4. Diagrama de Fases	76
2.5. PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS PURAS	76
2.5.1. Sustancia Pura	76
2.5.2. Fases de una Sustancia Pura	77
2.5.3. Diagrama de Propiedades para Procesos de Cambio de Fase	79
2.5.3.1. Diagramas de Temperatura vs. Volumen (T-V)	80
2.5.3.2. Diagramas de Presión vs. Volumen(P-V)	82
2.5.4. Ampliación de los Diagramas para Incluir la Fase Sólida	85
2.5.4.1. Diagramas de Presión vs Temperatura (P-T)	89
2.5.4.2. Diagramas de Superficie (P-V-T)	90
2.6. EL CONCRETO	92
2.6.1. Tipos de Cemento	93
2.6.2. Componentes del Concreto	94
2.6.2.1. El Cemento y sus Principales Compuestos	95
2.6.2.2. Agregados	99
2.6.2.3. Agregados Gruesos	102
2.6.2.4. El Agua	103
2.6.3. Concreto Fresco	106
2.6.3.1. Trabajabilidad	107
2.6.3.2. Consistencia	108
2.6.3.3. Exudación	109
2.6.3.4. Segregación	110
2.6.4. Resistencia a la Compresión del Concreto Endurecido	111
2.6.4.1. Factores que Afectan a la Resistencia	111
2.6.4.2. Desarrollo de la Resistencia a la Compresión	112
2.6.4.3. Pruebas de Resistencia a la Compresión	112
2.7. EL CONCRETO PREMEZCLADO	113
2.7.1. Control de Componentes	115
2.7.2. Dosificación por Volumen	116
2.7.3. Dosificación por Peso	116



2.7.4. Factores Importantes	117
2.7.5. Ventajas del Concreto Premezclado.....	121
2.8. ADITIVOS PARA EL CONCRETO.....	122
2.8.1. El Aditivo Anticongelante.....	124
2.9. CAPACIDAD CALORÍFICA Y CALOR ESPECÍFICO	126
2.9.1. Calor	126
2.9.2. Capacidad Calorífica	127
2.9.3. Medida de la Capacidad Calorífica	127
2.9.3.1. Planteamiento Formal de Capacidad Calorífica	128
2.10. CALOR ESPECÍFICO	130
2.10.1. Ecuaciones Básicas	131
2.10.1.1. Cantidad de Sustancia.....	131
2.10.1.2. Conceptos Relacionados.....	132
2.10.2. Unidades de Calor.....	132
2.10.3. Unidades de Calor Específico.....	133
2.11. FACTORES QUE AFECTAN EL CALOR ESPECÍFICO.....	133
2.11.1. Grados de Libertad	133
2.11.1.1. Masa Molar	134
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. MATERIALES Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	136
3.1.1. Materiales	136
3.1.2. Ensayo de los Agregados	136
3.1.2.1. Muestreo de los Agregados.....	136
3.1.2.2. Norma	137
3.1.2.3. Fuentes de Abastecimiento de Agregados	137
3.1.2.4. Equipos	138
3.1.2.5. Muestreo	138
3.1.2.6. Cuarteo.....	138
3.1.3. Ensayo de Contenido de Humedad	139
3.1.3.1. Norma	140
3.1.3.2. Método	140
3.1.3.3. Equipo.....	140
3.1.3.4. Procedimiento	140



3.1.3.5. Cálculos	141
3.1.4. Análisis Granulométrico	141
3.1.4.1. Norma	142
3.1.4.2. Método	142
3.1.4.3. Equipo	143
3.1.4.4. Procedimiento	143
3.1.5. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.....	145
3.1.5.1. Norma	146
3.1.5.2. Método	146
3.1.5.3. Equipo	146
3.1.5.4. Procedimiento	147
3.1.5.5. Cálculos	148
3.1.6. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.....	149
3.1.6.1. Norma	149
3.1.6.2. Método	149
3.1.6.3. Equipo	149
3.1.6.4. Procedimiento	150
3.1.6.5. Cálculos	152
3.1.7. Peso Unitario del Agregado	153
3.1.7.1. Norma	153
3.1.7.2. Método	154
3.1.7.3. Equipo	154
3.1.7.4. Procedimiento	154
3.1.7.5. Cálculos	157
3.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	157
3.2.1. Los Materiales	159
3.2.1.1. Cemento	159
3.2.1.2. Agregados	159
3.2.1.3. Agua.....	160
3.2.2. Diseño de Mezcla del Concreto 210 kg/cm ²	160
3.2.2.1. Cálculo de la Resistencia Promedio.....	161
3.2.2.2. Tamaño Máximo Nominal del Agregado	161
3.2.2.3. Selección del Asentamiento.....	161
3.2.2.4. Volumen Unitario de Agua.....	161



3.2.2.5. Selección del Contenido de Aire	162
3.2.2.6. Relación Agua/Cemento	163
3.2.2.7. Factor Cemento	163
3.2.2.8. Cálculo del Volumen Absoluto de Pasta	163
3.2.2.9. Cálculo del Volumen Absoluto de Agregado	164
3.2.2.10. Cálculo del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados	164
3.2.2.11. Cálculo del Valor Rf	165
3.2.2.12. Cálculo de los Volúmenes Absolutos del Agregado	165
3.2.2.13. Cálculo de los Pesos Secos del Agregado	165
3.2.2.14. Cálculo de Corrección por Humedad	166
3.2.3. Diseño de Mezcla para los Grupos de Prueba	166
3.3. ELABORACIÓN DEL CONCRETO	168
3.3.1. Herramientas e Instrumentos Utilizados	169
3.3.2. Elaboración de Probetas Cilíndricas	170
3.3.3. Curado de los Especímenes	170
3.4. ENSAYOS REALIZADOS	171
3.4.1. Ensayos en Estado Fresco del Concreto	171
3.4.1.1. Ensayo de Asentamiento en el Cono de Abrams (ASTM-C143)	171
3.4.2. Ensayos en Estado Endurecido del Concreto	172
3.4.2.1. Ensayo de Resistencia a Compresión	172
3.4.3. Ensayos en Estado Fresco del Concreto	174
3.4.4. Ensayos de Revenimiento Cono de Abrams	175
3.4.4.1. Interpretación de Resultados	175
3.4.4.2. Discusión de Resultados	176
3.5. ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO	177
3.5.1. Comparación de la Resistencia a Compresión	177
3.5.2. Interpretación de Datos Entre el Concreto Normal “CN” y el Concreto con Aditivo Anticongelante	179
3.5.3. Interpretación de Datos entre el Concreto Normal “CN” y el Concreto con Agua Caliente CT(40°C)	180
3.5.4. Interpretación de Datos Entre el Concreto Normal “CN” y el Concreto con Agua Caliente CT(65°C)	181
3.5.5. Interpretación de Datos Entre el Concreto Normal “CN” y el Concreto con Agua Caliente CT(90°C)	182



3.5.5.1. Análisis de Costos del Concreto 183

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS 185

4.1.1. Dando Respuesta al Primer Objetivo de Investigación que la Temperatura del Agua Caliente a 40°C Influye en la Resistencia del Concreto Premezclado 210 kg/cm² en Zonas Alto Andinas con Temperaturas Inferiores a 5°C de la Región Puno..... 185

4.1.2. Dando Respuesta al Segundo Objetivo de Investigación que la Temperatura del Agua Caliente a 65°C Influye en la Resistencia del Concreto Premezclado 210 kg/cm² en Zonas Alto Andinas con Temperaturas Inferiores a 5°C de la Región Puno..... 187

4.1.3. Dando Respuesta al Tercer Objetivo de Investigación que la Temperatura del Agua Caliente a 90°C Influye en la Resistencia del Concreto Premezclado 210 kg/cm² en Zonas Alto Andinas con Temperaturas Inferiores a 5°C de la Región Puno..... 189

4.1.4. Dando Respuesta al Cuarto Objetivo de Investigación que las Temperaturas y el Aditivo Anticongelante en la Resistencia del Concreto Premezclado 210 kg/cm² en Zonas Alto Andinas con Temperaturas Inferiores a 5°C de la Región Puno. 191

V. CONCLUSIONES..... 198

VI. RECOMENDACIONES..... 200

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 202

ANEXOS..... 211

Área: Construcciones

Tema: Tecnología de los materiales en la construcción

Línea de investigación: Construcciones y Gerencia

Fecha de sustentación: 06 de enero del 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación del lugar de los ensayos	29
Figura 2: Selección de los materiales en el rio Pucara, cuarteo y peso unitario.....	30
Figura 3: Esquema de la cantidad de muestras a realizar	33
Figura 4: Temperaturas del agua requeridas para producir un concreto	71
Figura 5: Variación de la temperatura mensual del distrito de José Domingo. Ch.	74
Figura 6: Variación de la temperatura anual del distrito de José Domingo Ch.....	74
Figura 7: El nitrógeno y el aire gaseoso son sustancias puras.....	77
Figura 8: La mezcla de agua líquida y gaseosa es una sustancia pura	77
Figura 9: Disposición de átomos en sus fases: a) sólido, b) líquida y c) gaseosa	79
Figura 10: Diagrama T-v para el proceso de calentamiento.....	81
Figura 11: Diagrama T-V de procesos de cambio de fase a presión constante	82
Figura 12: Diagrama T-v de una sustancia pura.....	83
Figura 13: Diagrama P-V de una sustancia pura	84
Figura 14: Diagrama P-V de una sustancia que se contrae al congelarse	85
Figura 15: Diagrama P-V del agua que se expande al congelarse	86
Figura 16: Una sustancia a la presión y temperatura en el punto triple	87
Figura 17: A presiones bajas (inferiores al punto triple), los sólidos se subliman.....	89
Figura 18: Diagrama P-T de sustancias puras	90
Figura 19: Superficie P-V-T de una sustancia que se contrae al congelarse.....	91
Figura 20: Superficie P-V-T del agua que se expande al congelarse	92
Figura 21: Componentes del concreto: cemento, agua, agregado fino, grueso.....	93
Figura 22: Proporciones típicas de los componentes del concreto.....	95
Figura 23: Características del Cono de Abrams	109
Figura 24: Esquema prueba de compresión axial.....	113
Figura 25: Colocación del Concreto Premezclado en Obra	114
Figura 26: Colocación del concreto premezclado en frío.....	114



Figura 27: Aditivos líquidos, reductor de agua, incorporador de agua etc.....	123
Figura 28: Agregado fino	136
Figura 29: Agregado grueso	137
Figura 30: Agregado Grueso	139
Figura 31: Agregado Fino	139
Figura 32: Horno de secado.....	141
Figura 33: Curva granulométrica del agregado grueso	144
Figura 34: Curva granulométrica del agregado fino.....	145
Figura 35: Peso específico del agregado grueso.....	146
Figura 36: Comprobación del agregado fino en estado Sss, mediante cono	151
Figura 37: Ensayo peso específico del agregado fino	152
Figura 38: Cuarteado del agregado.....	155
Figura 39: Colocación del agregado al molde	156
Figura 40: Enrazado del agregado	156
Figura 41: Pesado del agregado.....	157
Figura 42: Fraguado de probetas con aditivo anticongelante	169
Figura 43: Elaboración de probetas	170
Figura 44: Prueba de Slump	172
Figura 45: Ruptura de probetas	174
Figura 46: Tipos de fractura de probetas	174
Figura 47: Asentamiento en el cono de Abrams	176
Figura 48: Evolución de la resistencia, para los grupos de prueba	178
Figura 49: Curvas de evolución de la resistencia para los grupos de prueba	178
Figura 50: Comparación de la resistencia entre CN y aditivo anticongelante	180
Figura 51: Comparación de la resistencia entre CN y agua caliente CT(40°C).....	181
Figura 52: Comparación de la resistencia entre CN y agua caliente CT(65°C).....	182
Figura 53: Comparación de la resistencia entre CN y agua caliente CT(90°C).....	183



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación U.T.M. del lugar de los ensayos	28
Tabla 2: Resumen de la cantidad de muestras	30
Tabla 3: Grupos de control y experimental de la investigación	34
Tabla 4: Matriz de Consistencia	36
Tabla 5: Temperaturas de colocación del concreto, en tiempo frío.....	54
Tabla 6: Temperaturas y presiones del punto triple de varias sustancias	88
Tabla 7: Principales tipos de cemento Portland.....	94
Tabla 8: Compuestos principales del cemento	96
Tabla 9: Porcentaje de los compuestos del cemento	97
Tabla 10: Límites de la granulometría del agregado fino.....	102
Tabla 11: Límites permisibles de contenidos y sustancias disueltas	103
Tabla 12: Requisitos granulométricos del agregado grueso	104
Tabla 13: Consistencia de la mezcla de concreto	107
Tabla 14: Relación entre la resistencia del concreto en diferentes etapas.....	112
Tabla 15: Principales diferencias del concreto premezclado y en obra.....	118
Tabla 16: Velocidad y eficiencia de ejecución del proyecto	119
Tabla 17: Uso eficiente del personal de la obra.....	119
Tabla 18: Equipos para el mezclado	120
Tabla 19: Conveniencia en el transporte	120
Tabla 20: Espacio disponible en obra.....	120
Tabla 21: Aditivos de concreto según su clasificación.....	125
Tabla 22: Calor específico y capacidad calorífica de algunos materiales	129
Tabla 23: Contenido de humedad del agregado grueso.....	142
Tabla 24: Contenido de humedad agregado fino.....	142
Tabla 25: Peso específico y absorción del agregado grueso.....	149



Tabla 26: Peso específico y absorción del agregado fino.....	153
Tabla 27: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino	158
Tabla 28: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.....	158
Tabla 29: Secuencia de diseño de mezcla método del módulo de fineza.....	160
Tabla 30: Propiedades del agregado	160
Tabla 31: Resistencia a la Compresión Promedio	161
Tabla 32: Volumen unitario de agua	162
Tabla 33: Contenido de aire atrapado.....	162
Tabla 34: Relación agua/cemento por resistencia	163
Tabla 35: Volumen de pasta	164
Tabla 36: Módulo de finura de la combinación de agregados.....	164
Tabla 37: Diseño de mezcla final	166
Tabla 38: Grupos de muestra.....	167
Tabla 39: Muestras a diferentes temperaturas	167
Tabla 40: Muestras con aditivo anticongelante	168
Tabla 41: Datos del asentamiento para los grupos de muestra.....	175
Tabla 42: comparación de resistencias de los grupos.....	177
Tabla 43: Costos de materiales	184
Tabla 44: Costos por metro cúbico de concreto en planta.....	184
Tabla 45: Conclusión de afirmaciones de diferentes autores	195
Tabla 46: Conclusión de afirmaciones de diferentes autores	196
Tabla 47: Comparación de los resultados de laboratorio.....	197
Tabla 48: Resumen de prueba de hipótesis.....	197



LISTA DE ACRÓNIMOS

a/c	: relación agua/cemento.
A°F°	: agregado fino.
A°G°	: agregado grueso.
ACI	: American Concrete Institute.
ASTM	: American Society of Testing Materials.
CN	: concreto normal.
CT(40°C)	: concreto con agua caliente a 40°C.
CT(65°C)	: concreto con agua caliente a 65°C.
CT(90°C)	: concreto con agua caliente a 90°C.
CA	: concreto con aditivo anticongelante.
f'c	: resistencia a la compresión del concreto, kg/cm ² .
f'cr	: resistencia promedio a la compresión requerida del concreto, kg/cm ² .
Ha	: hipótesis alternativa.
Ho	: hipótesis nula.
mf	: módulo de fineza del agregado fino.
mg	: módulo de fineza del agregado grueso.
NTP	: Norma técnica peruana.
P.U.	: precio unitario.
P.U.C.	: peso unitario compactado.
P.U.S.	: peso unitario suelto.
TM	: tamaño máximo del agregado.
TMN	: tamaño máximo nominal del agregado.
u	: media aritmética.
W%	: Contenido de humedad.
T	: T de Student.
α	: nivel de significancia.
σ	: desviación estándar.
σ^2	: varianza.
°C	: grados centígrados.
V	: volumen.
msnm	: metros sobre el nivel del mar.



RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de determinar el efecto del uso de agua caliente y aditivo anticongelante comparado con un patrón a temperaturas inferiores a 5°C en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas de la región Puno; utilizando el cemento Rumi. Se aplicó un diseño de mezcla por el método ACI experimental en la cual se moldearon 75 probetas, 15 probetas para agua caliente a 40°C, 15 probetas para agua caliente de 65°C, 15 probetas para agua caliente a 90°C, 15 probetas para el aditivo anticongelante y 15 probetas para temperaturas inferiores a 5°C. Las muestras fueron determinadas por grupos y sometidas a diferentes temperaturas de agua (40°C, 65°C y 90°C), así como para el aditivo anticongelante a temperaturas inferiores a 5°C, calculando las temperaturas en el concreto. Se utilizó un termómetro para la medición de temperatura del agua y materiales. Los resultados evidencian que existe diferencias en la resistencia del concreto a diferentes temperaturas, de acuerdo a las edades muestreadas (7 días, 14 días, 28 días), así como para el aditivo anticongelante a temperaturas inferiores a 5°C. Se concluye que la utilización del agua caliente y el aditivo anticongelante tienen influencia en la resistencia del concreto, además que la resistencia con la mezcla con aditivo produce resultados excelentes.

Palabras clave:

Aditivo anticongelante, Agua caliente, Concreto, Resistencia, Temperaturas inferiores a 5°C, Resistencia.



ABSTRACT

The research was carried out with the purpose of determining the effect of the use of hot water and antifreeze additive compared to a pattern at temperatures below 5°C, on the resistance of ready-mixed concrete 210 kg/cm² in high Andean areas of the Puno region with lower temperatures at 5°C, (RUMI CEMENT) was used. A mixing design was applied by the ACI method, experimental in which 75 specimens were molded, 15 specimens for hot water at 40°C, 15 specimens for hot water at 65°C, 15 specimens for hot water at 90°C, 15 test tubes for the antifreeze additive, 15 test tubes for temperatures below 5°C. The samples were made by groups at different water temperatures (40°C, 65°C and 90°C), as well as for the antifreeze additive and at temperatures below 5°C, calculated the temperatures in the concrete. A thermometer was used to measure temperatures in water and materials. The results show that there are differences in the strength of the concrete for the different temperatures, according to the sampled ages (7 days, 14 days, 28 days), as well as for the antifreeze additive and temperatures below 5°C. Therefore, it is concluded that the use of hot water and the antifreeze additive have an influence on the strength of the concrete, and we must also indicate that the strengths with the admixture give excellent results.

Keywords:

Concrete, temperatures below 5°C, Resistance, Antifreeze Additive, Hot Water.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el Perú existe diversidad de climas, debido a su geografía y ubicación en la cordillera de los andes, a partir de esto se puede determinar que existe toda una variedad de condiciones ambientales para cada pueblo o ciudad, es decir existen distintos escenarios para la ejecución de las obras a lo largo del país. Así, actualmente existen numerosos proyectos de gran infraestructura como colegios, hospitales y pavimentaciones etc., siendo el material denominado “concreto” comúnmente utilizado en el sector construcción, por lo que se hace necesario conocer su comportamiento expuesto a temperaturas externas que lo puedan modificar o alterar, tal es el caso de las zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno, con características de clima frío y cálido en un mismo día.

Ante este factor externo como es el clima tan particular en las zonas de la región Puno se hace necesario conocer como actuarán los elementos componentes del concreto, en este caso el cemento puzolánico 1P que, a pesar de tener ventajas, éstas se pueden convertir en desventajas durante el proceso de fraguado expuesto a bajas temperaturas e incluso podría ocasionar efectos retardantes en la adquisición de la resistencia.

Así los concretos elaborados a temperaturas inferiores a 5°C, presentan problemas de congelamiento del agua que se encuentra en los capilares de la pasta, produciendo esfuerzos internos de tracción y evitando un normal desarrollo e hidratación en la adquisición de la resistencia.

Al producirse concreto a estas temperaturas, se hace necesario conocer si existe relación entre el uso del agua caliente y del aditivo anticongelante en la dureza o resistencia del concreto y determinar la influencia que existe entre el uso del agua caliente



y del aditivo anticongelante en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.

Por lo tanto, en la presente investigación se plantea comparar qué porcentajes de resistencia pierde el concreto elaborado con cemento puzolánico 1P expuesto a temperaturas inferiores a 5°C y de qué manera se altera el proceso de fraguado, así como la influencia que tiene el aditivo anticongelante y el agua caliente en una mezcla con cemento puzolánico 1P expuesto a este tipo de clima, ya que se cuenta con datos que no han llegado a obtener el 100 % de la resistencia de diseño a los 28 días, conociendo en forma independiente los efectos previsibles en el concreto a causa del aditivo anticongelante en la adquisición de la resistencia inicial que se da por efectos estimulantes con reducción moderada en el tiempo inicial del fraguado, como un efecto principal, mientras que en el caso del agua caliente se calentará a una temperatura tal que el concreto tenga temperaturas entre 25°C y 32°C.

La presente investigación está dividida en capítulos:

Capítulo I: Introducción

Se da a entender en este capítulo que en el Perú existen una diversidad de climas y a partir de esto se tiene una variedad de condiciones ambientales para cada ciudad y escenarios distintos para la ejecución de obras de infraestructura o viales, el concreto es el material que predomina, por lo tanto, su comportamiento en climas severos es importante estudiar, así como su durabilidad, resistencia y su economía.

La resistencia del concreto en climas fríos es un problema y posible de solucionar con la aplicación de nuevas tecnologías e investigaciones, ya sea usando el agua caliente o el aditivo anticongelante que modifica las propiedades del agua, siendo este elemento el principal en la elaboración del concreto premezclado o mezclado manual.

Capítulo II: Marco teórico



En este capítulo se estudia específicamente los antecedentes de varios investigadores en diferentes partes del Perú y sus conclusiones todos referidos a la elaboración de concretos en climas severos y usando deferentes técnicas algunos reglamentos que definen los tiempos fríos y características como temperaturas medias ambientales con la presentación de tablas que representan las variaciones máximas admisibles de la temperatura del concreto.

Presentamos también algunas definiciones termodinámicas acerca de las sustancias puras sus diagramas propiedades y cambios de fase finalmente en este capítulo describimos ampliamente acerca de los componentes del cemento aditivos y el calor específico de las sustancias relacionadas en el presente estudio que son propiedades que rigen los cambios físicos de un estado a otro estado.

Capítulo III: Materiales y métodos

En este capítulo presentamos los diferentes ensayos de los materiales como el contenido de humedad granulometrías peso específico y absorción de agregados finos, gruesos y el peso unitario también los equipos necesarios para el desarrollo de la investigación y aplicación de las normas así mismo se describe el procedimiento experimental de la elaboración del concreto y sus diferentes ensayos en estado endurecido del concreto.

Capítulo IV: Resultados y discusión

En este capítulo se presenta la comparación de todos los antecedentes descritos en el capítulo I con los resultados obtenidos en la investigación y discutir que realmente la presente investigación tiene aporte académico.

Capítulo V: Conclusiones



En este capítulo presentamos si los objetivos de la presente investigación se llevaron a cabo y también las comprobaciones de las hipótesis, así como una síntesis analítica del trabajo

Capítulo VI: Recomendaciones

En este capítulo presentamos todas las recomendaciones, así como la selección y mejores condiciones y técnicas de los materiales, y cumplir con las normas convencionales para el concreto y así afrontar las condiciones climáticas en la elaboración del concreto y recomendaciones del uso de los aditivos.

Capítulo VII: Referencias bibliográficas

En este capítulo se menciona todos los materiales bibliográficos, normas usados en la investigación.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Descripción del Problema

Desde un tiempo atrás, la elaboración del concreto en zonas alto andinas de la región Puno a temperaturas inferiores a 5°C, es problema que se debe solucionar, porque la temperatura es el factor fundamental que afecta la resistencia del concreto tal como dice Colina Camacho, Garcia Leon, & Reyes Serrano (2014) este problema es posible solucionar con la aplicación de nuevas tecnologías e investigaciones, ya sea usando el agua caliente o el aditivo anticongelante que modifica las propiedades del agua, siendo este elemento el principal en la elaboración del concreto premezclado o mezclado manual.

Se sabe que la resistencia del concreto depende directamente de la temperatura, por esta lógica planteo el uso del agua caliente o el aditivo anticongelante como una solución al problema en zonas alto andinas de la región Puno, ya que los concretos puestos en obra a temperaturas bajas no cumplen con los estándares de durabilidad, resistencia y economía.



En el pasado la solución al problema de la temperatura fue usar aditivos como acelerantes de fragua e inclusores de aire, elementos que afectan en forma negativa en la economía de fabricación del concreto (Zapata Coacalla, 2007).

Aún no se tiene claro el uso de estos aditivos y su respuesta en solucionar los problemas de resistencia a temperaturas inferiores a 5°C y las investigaciones que se realizaron utilizando aditivos que ya no se encuentran en el mercado y en la actualidad contamos con nuevos productos con distintas aplicaciones como aditivos anticongelantes, reductores de agua, plastificantes, etc., que se pueden emplear para mejorar la resistencia del concreto o concreto premezclado.

Entonces, se plantea hacer uso de aportes tecnológicos como los aditivos que son sustancias químicas que reaccionan directamente con el cemento y agua, que adicionados a la preparación de los concretos cambian los estados físicos del agua reemplazando y reduciendo la cantidad de agua y así modificando estas propiedades se tendrá una mejor respuesta a la durabilidad y resistencia del concreto premezclado.

En el tema de construcción de viviendas normalmente casi el 52% se realiza con concreto armado y el otro 48% se realiza de otros materiales según el último censo realizado por el INEI en el 2017; siendo el concreto el material más utilizado para el sector de la construcción, es por ello que nosotros debemos de realizar un análisis más profundo por ser este el material más usado (INEI, 2017).

1.1.2. Enunciado del Problema

¿Cómo usar el agua caliente en contraste al aditivo anticongelante para concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C en la región Puno?



1.1.3. Preguntas Específicas

1. ¿Cuál es la relación que existe entre el factor de temperatura del agua caliente a 40°C, en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno?
2. ¿Cuál es la relación que existe entre el factor de temperatura del agua caliente a 65°C, en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno?
3. ¿Cuál es la relación que existe entre el factor de temperatura del agua caliente a 90°C, en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno?
4. ¿Cuál es la relación que existe entre el factor aditivo anticongelante en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El uso del concreto y su valor en la construcción civil ocupa el lugar más importante al momento de invertir, proyectar e implementar los materiales de una edificación, surgiendo así la necesidad de buscar nuevas soluciones en aras de óptimos desempeños y mayor economía sin amenazar la calidad del producto.

Es por ello que la presente investigación pretende analizar la utilización del agua caliente comparada con el aditivo anticongelante en un diseño de mezcla por el método del comité ACI:211.1-91 (2002) la utilidad radica en el estudio y comportamiento de las propiedades físicas del agua a temperaturas inferiores a 5°C en zonas alto andinas de la región Puno, con la finalidad de aplicar en la tecnología de concreto para futuros diseños.

La investigación aportará nuevas técnicas y opciones a emplear en el desarrollo de producción del concreto en sistemas constructivos más eficientes usando como



opciones el aditivo anticongelante y el agua caliente en zonas alto andinas a temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno, los cuales contribuirán a mejorar el aprovechamiento de nuevas formas de producción que hasta el momento se han considerado muy poco, sobretodo en una época en la que es necesario maximizar los recursos del planeta y producir un concreto que sea durable resistente y económico.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Mejora la resistencia del concreto usando agua caliente en contraste al aditivo anticongelante para concreto pre mezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C en la región Puno.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Determinar la influencia que existe entre el factor de temperatura del agua caliente a 40°C, en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.
2. Determinar la influencia que existe entre el factor de temperatura del agua caliente a 65°C, en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.
3. Determinar la influencia que existe entre el factor de temperatura del agua caliente a 90°C, en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.
4. Determinar la influencia que existe entre el factor aditivo anticongelante en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.



1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. *Hipótesis General*

Existe relación específica entre el uso de agua caliente y del aditivo anticongelante en la resistencia del concreto pre mezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C en la región Puno.

1.4.2. *Hipótesis Específicas*

1. Existe relación significativa entre el factor de temperatura del agua caliente a 40°C, con la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.
2. Existe relación significativa entre el factor de temperatura del agua caliente a 65°C, con la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.
3. Existe relación significativa entre el factor de temperatura del agua caliente a 90°C, con la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.
4. Existe relación significativa entre el factor aditivo anticongelante con la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.

1.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. *Tipo de Investigación*

1.5.1.1. *Según su Alcance*

Según su alcance el estudio es *explicativo*, ya que estudia la causa que origina las variaciones del resultado al manipularse las variables independientes.

Las investigaciones explicativas van más allá de la presentación del concepto o fenómeno o establecimientos de relación mediante conceptos; es decir, que está dirigido a que



respondan por las causas del evento y fenómeno físico o social. Como su nombre lo expresa, sus intereses se centran en expresar por qué ocurren esos fenómenos y cuál es la condición en las que se manifiestan o porqué se relaciona con dos o más variables (Hernández Sampieri, 2014)

1.5.1.2. Según su Enfoque

Según su enfoque el estudio es *cuantitativo*, debido a que el medio de prueba de la hipótesis está basado en medición numérica y estudios estadísticos, para establecer un patrón de comportamientos y probar las teorías.

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, cada período anticipa a las siguientes y no podemos “brincar” o evitar pasos.

El método es rígido, aunque desde luego, se pueden precisar algunas fases. Parte de unas ideas que van poniéndose de acuerdo y, en unas ocasiones delimitadas, se deriva del objetivo y pregunta de investigaciones, se revisan las literaturas y se construyen en unos marcos o unas perspectivas teóricas. De la pregunta se establece una hipótesis y se determina la variable; se trazan unos planes para que se prueben (diseños); se mide la variable en unos determinados contextos, se analiza la medición obtenida empleando un método estadístico y se sustraen una serie de consecuencias con relación a las hipótesis (Hernández Sampieri, 2014).

1.6. UNIDAD DE ANÁLISIS PARA LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Población y Muestra

La población es la totalidad de los elementos cuyas propiedades y fenómenos serán estudiados, donde la unidad de población posee una característica común que se estudia y da origen a los datos. Para este propósito, se consideró las especificaciones de las siguientes normas técnicas:

Prácticas normalizadas para las elaboraciones y curados de especímenes de concretos en campo (NTP:339.033, 2015)

Prácticas normalizadas para preparaciones y curados de un espécimen de ensayos de concretos en las Obras (ASTM C31, 2003)

Agua de mezclado utilizada en las producciones de concretos de cemento Portland (NTP:339.088, 2014)

Los ensayos de resistencia deben ser los promedios de la resistencia de al menos dos (02) muestras de 6”(150mm)x12”(300mm) o de al menos tres (03) muestras de 4”(100mm)x8”(200mm), preparada con las mismas muestras de concreto (ACI:318-08, 1999).

1.6.2. Ubicación Geográfica del Ensayo

Los ensayos se ejecutaron en el distrito de José Domingo Choquehuanca, que se encuentra ubicado en la sierra del Perú, siendo uno de los quince distritos que tiene la provincia de Azángaro del departamento de Puno, el mismo que se encuentra a una altitud de 3868 msnm y tiene un clima polar según la clasificación (Köppen, 1936).

Al año 2015 tenía una población de cinco mil ciento ochenta y nueve habitantes y una densidad poblacional de 74,4 personas por km², comprendiendo un área total de 69.73 km² (INEI, 2015).

Tabla 1: Ubicación U.T.M. del lugar de los ensayos

Departamento	Provincia	Distrito	Coordenadas U.T.M.	
Puno	Azángaro	José Domingo Choquehuanca	Este (m) 355667.72	Norte (m) 8337408.21

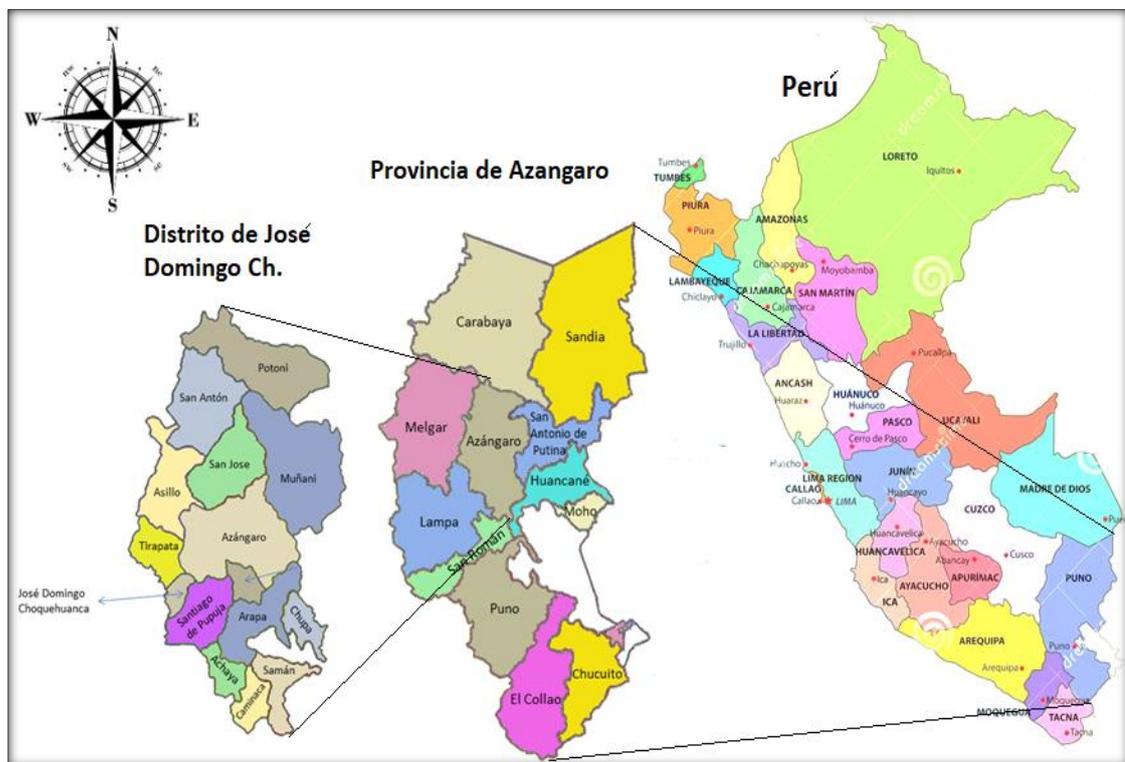
Fuente: (Earth, 2017)

1.6.3. Muestra

La muestra es un sub conjunto de la población, los cuales agrupan todas las características y propiedades que son representativas; de las cuales se obtiene una conclusión semejante y de relevancia con relación al problema de estudio.

Es así que se practicó un muestreo referencial según el diseño de la investigación, conforme a las especificaciones siguientes:

Figura 1: Mapa de ubicación del lugar de los ensayos



Fuente: (Regional, 2018)

- los diseños de mezcla del concreto normal fueron de resistencia a la compresión de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- En la graduación del concreto se conservó el asentamiento constante de 3-4”.
- Los materiales como la piedra de canto rodado y arena gruesa fueron de la cantera Río Pucará del distrito de José Domingo Choquehuanca, cemento Portland puzolánico tipo 1P, aditivo anticongelante W68.

- Para comprobar la hipótesis se formó cinco grupos, un primer grupo con agua caliente a 40°C, un segundo grupo con agua caliente a 65°C, un tercer grupo con agua caliente a 90°C, un cuarto grupo con aditivo anticongelante y un quinto grupo como concreto normal al ambiente de -5°C y 5°C; finalmente todas las muestras fueron sometidas a un ensayo de compresión simple a edades de 7, 14 y 28 días para su respectivo análisis y comparación.

Figura 2: Selección de los materiales en el río Pucara, cuarteo y peso unitario



Tabla 2: *Resumen de la cantidad de muestras*

Testigo a Diferentes Temperaturas	Número de Muestras				Parcial	Total
	7 días	14 días	28 días			
Cilindros de Muestra	4" x 8 "	4" x 8 "	4" x 8 "	6" x 12"		
a 40° C	4	4	4	3	15	
a 65° C	4	4	4	3	15	
a 90° C	4	4	4	3	15	75
Con Aditivo Anticongelante	4	4	4	3	15	
Ambiente de -5°C y 0°C	4	4	4	3	15	

1.6.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

1.6.4.1. Técnicas

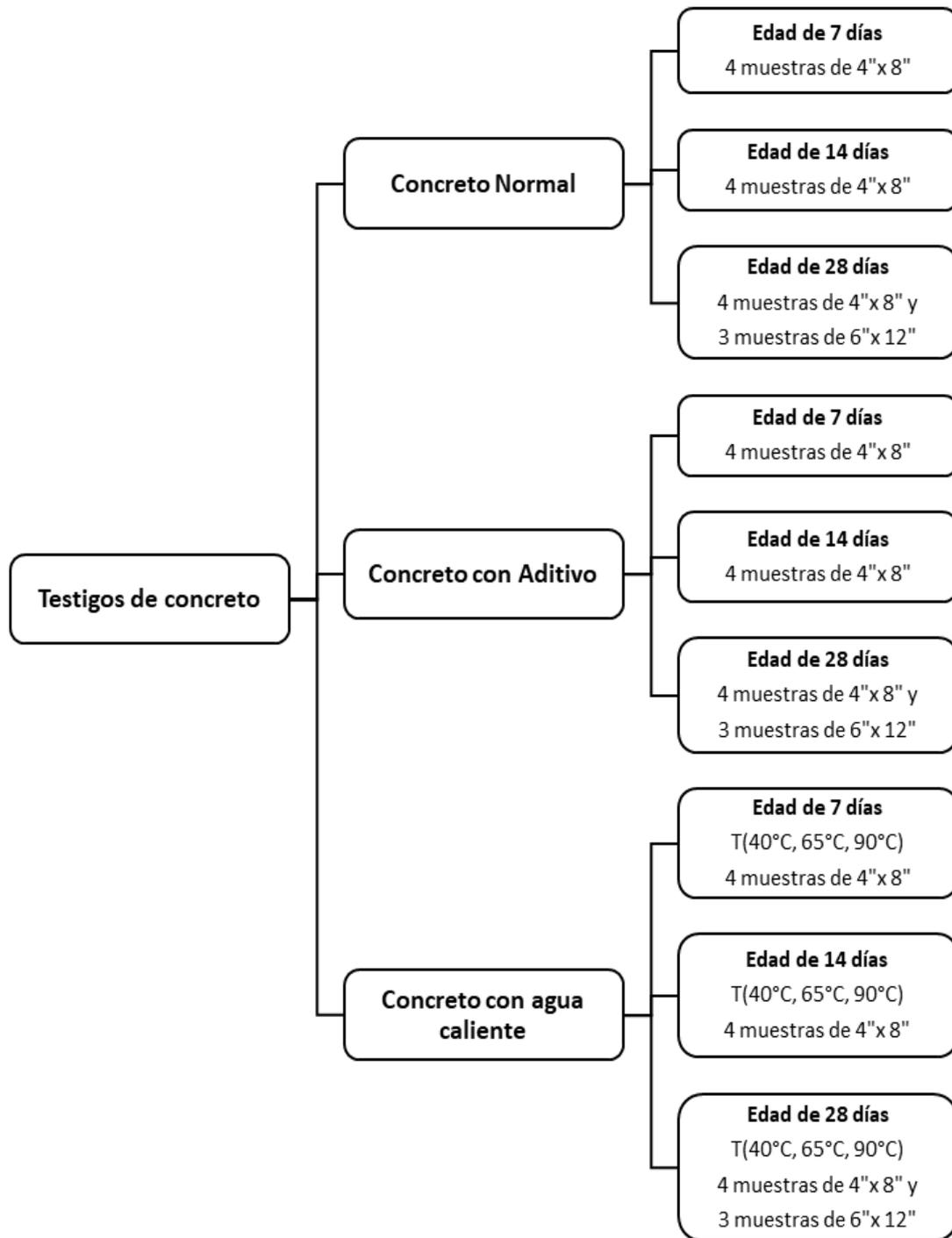
Las técnicas utilizadas en la investigación fueron la observación directa, análisis de documentos, ensayos de muestras cilíndricas con aditivo anticongelante y uso del agua caliente a diferentes temperaturas 40°C, 65°C y 90°C.

- Toma de muestra.
- Granulometría: según las normas ASTM:C33/C33M-13 (2011) y NTP:400.037 (2018). Agregado para concreto NTP:400.012 (2018) y estudios granulométricos de los agregados gruesos, finos y global.
- Ensayo de peso específico y absorción de los agregados finos y gruesos (NTP:400.022, 2013), (NTP:400.021, 2018),(ASTM:C128, 2017), (ASTM:C127, 2017)
- Ensayo de contenido de humedad de los agregados (NTP:400.016, 2011), (ASTM:C566, 2004)
- Peso unitario del agregado fino y grueso (NTP:400.017, 2016), (ASTM:C29/C29M, 1997)
- Densidad del aditivo anticongelante (ASTM:C494/C494M-08a, 2002)
- Resistencia a la compresión (ASTM:C39/C39M-17, 2002)



- Revenimiento en el cono de Abrams (NTP:339.035, 2009), (ASTM:C143/C143M-20, 2002)
- Medición de la temperatura (NTP:339.184, 2002), (ASTM:C1064, 2002)
- Balanza digital (NMP:003, 2009)

Figura 3: Esquema de la cantidad de muestras a realizar



1.6.4.2. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron en la presente investigación son:

- Equipos de laboratorio (termómetro, balanza digital, cono de Abrams, medidor de aire, cilindro graduado y máquina de ensayo) e implementos utilizados para llevar a

cabo los ensayos correspondientes (mezcladora, carretilla, molde y cuchara metálica, barra compactadora, molde cilíndrico, entre otros).

- Planillas y cuadros para el registro de los resultados obtenidos por los diferentes ensayos practicados.

1.6.4.3. Métodos de Recolección de Datos

Los datos recolectados en la presente investigación fueron tomados de forma directa registrando los valores visibles en el Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNA-Puno; la primera etapa fue a través del muestreo para después ser llevado al laboratorio y la segunda etapa se ejecutó mediante los diseños y ensayos conforme al procedimiento técnico- normativo establecido en el cronograma del proyecto; así como las fechas de obtención de las muestras cilíndricas y del ensayo de resistencias a la compresión simple según norma (ASTM:C39/C39M-17, 2002)

Tabla 3: Grupos de control y experimental de la investigación

Testigos a diferentes temperaturas del agua	Número de Probetas			Total	
	7 días	14 días	28 días		
Grupo Experimental	a 40° C	4	4	7	15
	a 65° C	4	4	7	15
	a 90° C	4	4	7	15
	Con Aditivo Anticongelante	4	4	7	15
Grupo Control	Al ambiente de -5°C y 0°C	4	4	7	15
Total				75	

1.6.4.4. Técnicas de Elaboración y Análisis de Datos

En el procesamiento y análisis de datos registrados se utilizaron equipos de laboratorio, hojas de cálculo de Microsoft office Excel 2016, teniendo en consideración que los datos obtenidos constituyen variables cuantitativas.



Se entiende por técnicas de estudio, a los procedimientos o formas particulares de adquirir datos o informaciones (Arias, 2006)

1.6.4.5. Técnica de Procesamiento

Para las investigaciones experimentales se utiliza la metodología de ensayos ASTM:C39/C39M-17(2002) métodos de ensayos normalizados para la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto y formatos de los laboratorios de construcción y las herramientas de recolección de datos son algunos recursos, dispositivos o formatos (digitales o en papeles) que se utilizan para la obtención, registro o almacén de informaciones (Arias, 2006)

1.6.4.6. Análisis de los Datos

La variable de respuesta se evalúa estadísticamente a través de las aplicaciones de los métodos de la “t” de Student, para unos niveles de significancias de $\alpha=0.05$ (5%), y unos intervalos de confianza 0.95 (95%).

1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Las variables independientes son la temperatura del agua y el aditivo anticongelante, mientras que las variables dependientes a estudiar son los efectos en el concreto 210 kg/cm², sus incidencias en la resistencia a la compresión y los costos unitarios del material.

- Variables dependientes: resistencia a la compresión simple del concreto 210 kg/cm², costos unitarios de material y su durabilidad.
- Variables independientes: temperatura del agua y el aditivo anticongelante.

Tabla 4: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA PRINCIPAL</p> <p>¿Cómo usar el agua caliente en contraste al aditivo anticongelante para concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C en la región Puno?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Mejorar el uso de agua caliente en contraste al aditivo anticongelante para concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C en la región Puno.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>1. Determinar la influencia que existe entre el factor de temperatura del agua caliente 40°C, en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.</p> <p>2. Determinar la influencia que existe entre el factor de temperatura del agua caliente 65°C, en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.</p> <p>3. Determinar la influencia que existe entre el factor de temperatura del agua caliente 90°C, en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.</p> <p>4. Determinar la influencia que existe entre el factor aditivo anticongelante en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>Existe relación significativa entre el uso de agua caliente y aditivo anticongelante con la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C en la región Puno.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>1. Existe relación significativa entre el factor de temperatura del agua caliente 40°C, con la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.</p> <p>2. Existe relación significativa entre el factor de temperatura del agua caliente 65°C, con la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.</p> <p>3. Existe relación significativa entre el factor de temperatura del agua caliente 90°C, con la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.</p> <p>4. Existe relación significativa entre el factor aditivo anticongelante con la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE(X)</p> <p>X1= Temperatura del agua, Aditivo Anticongelante.</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 40°C ➢ 65°C ➢ 90°C ➢ Aditivo Anticongelante <p>40°C</p> <ul style="list-style-type: none"> A 7 días A 14 días A 28 días <p>65°C</p> <ul style="list-style-type: none"> A 7 días A 14 días A 28 días <p>90°C</p> <ul style="list-style-type: none"> A 7 días A 14 días A 28 días <p>Aditivo Anticongelante</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Económico ➢ Resistente ➢ Durable 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimental <p>Nivel de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explicativo <p>Enfoque</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativo <p>Técnicas de recolección de información</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datos de Laboratorio <p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Termómetro • Prensa Hidráulica de carga Axial. <p>Fuentes</p> <ul style="list-style-type: none"> • bibliográficas • normas • tratados • docentes



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Antecedentes

Zapata Coacalla (2007) en la investigación “Efecto del cemento puzolánico 1P y acelerante de fragua, en un concreto expuesto a clima híbrido en su resistencia final de diseño”, señaló que los diseños considerados fueron por resistencia y durabilidad para edades de 7, 28 y 50 días, considerando para cada diseño siete muestras (curado a temperatura ambiente sumergido, curado a temperatura ambiente dos veces al día, curado a temperatura ambiente con aditivo sumergido y curado a temperatura ambiente con aditivo dos veces al día) con 42 muestras por cada grupo y un total de 168 muestras que correlaciona temperatura, tiempo y resistencia del concreto.

En esta investigación se llegó a estudiar el cemento puzolánico 1P-RUMI, considerando su característica principal, como es la adquisición de su resistencia final de diseño y progreso en el tiempo inicial y final de fraguado, así como la obtención de su resistencia a la compresión a través del tiempo; en este caso se analizó su resistencia hasta los sesenta días, así como la temperatura interna en sus primeras horas de fraguado, se planteó también el uso del acelerante de fragua, muy utilizado en la zona como es el (SIKA RAPID1), sin tener antecedentes de su comportamiento con relación a la adquisición de la resistencia a la compresión final de diseño con el cemento tipo 1p, considerando en todos estos casos dos diseños de mezclas de concreto como son por resistencia y por durabilidad, obteniendo resultados que revelan una diferencia significativa entre los diseños con aditivo respecto a los diseños con cemento 1P en la adquisición de la resistencia final de diseño, encontrando que estos llegan a obtener su resistencia de diseño a edades tempranas.



Como conclusión final se tiene que un concreto elaborado con cemento puzolánico IP expuesto a un clima híbrido, no interrumpe el proceso de fraguado y se llega a obtener el 100% de su resistencia de diseño a los 28 días, el uso del acelerante SIKA RAPID 1 no es eficiente para contrarrestar los efectos del clima híbrido, puesto que aumenta el tiempo tanto del fraguado inicial como final y el uso del acelerante de fragua llega a obtener el 100% de su resistencia de diseño a edades tempranas menores a los 7 días, dependiendo de la relación a/c a utilizarse, por lo tanto, no genera efectos nocivos en la adquisición de la resistencia final de diseño.

Colina Camacho, García Leon, & Reyes Serrano (2014) en la investigación titulada “Determinación de la resistencia del hormigón en obra a partir de la madurez y estudio de factibilidad en su implementación basándonos en la correlación temperatura tiempo resistencia” realizó 18 muestras para cada grupo de temperatura 18°C, 25°C y 50°C con un total de 54 muestras calculando el inicio y final del fraguado del concreto y la estimación de la resistencia a la compresión mediante el método de madurez que ofrece resultados más confiables y continuos, sin embargo, se debe acotar que el método es válido solo para una dosificación de hormigón y si existen cambios en la dosificación se debe realizar nuevamente el registro de temperatura y construir una nueva curva índice de madurez vs. resistencia a la compresión simple, el ensayo de tiempo de fraguado ayuda a encontrar la resistencia a la penetración del mortero. Al finalizar el ensayo se observó en las gráficas obtenidas durante las 8 primeras horas tanto en las temperaturas de 18, 30 y 50°C que la resistencia no supera los 5 MPa, por lo que se concluyó que en ninguna de las temperaturas el mortero presentó su inicio de fraguado antes de las primeras 8 horas. A medida que aumenta el tiempo, las gráficas tienen un comportamiento exponencial diferente, de acuerdo a cada temperatura, siendo la gráfica de 50°C la que alcanzó el fin de fraguado con mayor rapidez.

Al tomar el historial de temperatura y plasmarla en un gráfico temperatura vs. tiempo no se tiene que durante las primeras 48 horas se dan picos y que después de este



tiempo la temperatura se estabiliza. Se concluyó que este fenómeno ocurre porque durante las primeras horas se dan las mayores reacciones químicas las cuales empiezan apenas el cemento y el agua entran en contacto dando inicio a la etapa de fraguado en el concreto, etapa en la cual el hormigón tiene elevadas temperaturas internas porque se da de manera rápida, luego de esta etapa continúa las reacciones y es mucho más lenta, siendo ésta la etapa de endurecimiento en la cual se puede observar que la temperatura interna se estabiliza y ya no sufre picos, entonces la temperatura es uno de los factores que afecta la resistencia del concreto en una estructura.

Huaricancha Cristóbal (2018) en su investigación titulada “La influencia de la temperatura ambiente en la resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm² en más de 4380 m.s.n.m, Yanacancha, Pasco” consideró tres muestras para cada temperatura (0°C, 2°C, 5°C, 7°C, 8°C, 9°C, 10°C y 11°C) con una muestra para las edades de (7 días, 14 días y 28 días) con un total de 24 muestras de concreto elaboradas en el laboratorio que correlaciona entre la temperatura, tiempo y resistencia del concreto.

Los especímenes, cuya mezcla fue elaborada con temperaturas de (0°C, 2°C, 5°C, 7°C, 8°C, 9°C, 10°C y 11°C), a los 28 días de edad alcanzaron las resistencias de $f'c=187$ kg/cm², 202 kg/cm², 214 kg/cm², 224 kg/cm², 238 kg/cm², 261 kg/cm², 267 kg/cm² y 271 kg/cm² respectivamente, los resultados obtenidos permiten establecer que la temperatura ambiente que se presenta en la localidad de Yanacancha, provincia y región Pasco, se debe tener en cuenta como un factor para poder obtener una mayor resistencia a la compresión y que a mayor temperatura ambiente se obtiene buenos resultados en la elaboración de concreto y se garantiza optimizar la resistencia a la compresión del concreto logrando utilizar el valor del slump establecido en el diseño de mezclas, logrando la trabajabilidad deseada.



También, **Arcos Rodríguez (2014)** en su investigación titulada “Diseño de concreto por durabilidad en la sierra peruana utilizando cemento 1p y aditivo incorporador de aire, plastificante y acelerante de fragua”, realizó 252 muestras para relación de $a/c=0.55$ (84 muestras), $a/c= 0.50$ (84 muestras), $a/c=0.45$ (84 muestras) a edades de 7, 14 y 28 días por grupos de cuatro muestras utilizando aditivos como incorporador de aire, aditivo plastificante y acelerante Sika Rapid y 24 muestras para relación de $a/c=0.40$ para edades de 7, 14 y 28 días, haciendo un total de 280 muestras que correlaciona la temperatura, tiempo y resistencia del concreto comprobando que haciendo uso del cemento tipo 1P y aditivos incorporadores de aire, plastificantes y acelerantes de fragua se pueden obtener concretos diseñados por durabilidad, cumpliendo con los requisitos propuestos, usando aditivos en la elaboración de concreto en cantidades mínimas y asegurando de esta manera poder mejorarlo y brindarle características especiales con el uso de aditivo super plastificante que disminuye la cantidad de agua y cemento en nuestros diseños para lograr optimizar el peso unitario del concreto con el uso exclusivo del incorporador de aire que tiende a reducirse con referencia al concreto patrón en un 3.5%.

Con el aditivo incorporador de aire se logró incrementar en un 250% el contenido de aire dándole las características necesarias para contrarrestar los ciclos de congelamiento y deshielo, pero es necesario combinarlo con un super plastificante para no perder resistencia a la compresión porque sin este aditivo, ésta se puede reducir en un promedio de 16% a los 28 días. La temperatura interna del concreto con el uso de aditivo acelerante de fragua se incrementó en un 28% con respecto al concreto patrón. Por otro lado, los diseños de concreto con super plastificante incrementan la temperatura interna del concreto en un 8% con referencia al concreto patrón el tiempo de fraguado inicial, en los concretos con incorporador de aire y super plastificante disminuye en 10 minutos con



respecto al concreto patrón y para el caso de los concretos con incorporador de aire, superplastificante y acelerante de fragua disminuyen en 1 hora con 15 minutos con respecto al concreto patrón.

Por otro lado, **Castro Saavedra (2014)** en la investigación titulada “Influencia de la temperatura del agua en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando agregados del río cajamarquino” realizó cuatro muestras para cada temperatura de 4°C , 18.5°C , 40°C , 60°C y 80°C , con un total de veinte muestras que correlaciona la temperatura, tiempo y resistencia del concreto, con los resultados obtenidos se concluyó que la temperatura ideal del agua para la preparación del concreto es de 60°C , ya que con esta temperatura se alcanzó la mayor resistencia a la compresión igual a 348.87 kg/cm^2 a los 28 días, la cantidad de agua utilizada para las mezclas del concreto aumentó en la medida que la temperatura de agua se incrementó, también se logró utilizar el valor del slump establecido en el diseño de mezclas, logrando la trabajabilidad deseada. Con esto se aseguró que la resistencia a la compresión del concreto es influenciada por la temperatura del agua utilizada en el momento de la preparación.

Tenemos también la investigación con el uso de aditivos **Nieto Osorio (2007)** en la investigación titulada “Análisis comparativo de concretos con aditivos reductores de agua: complementación utilizando el aditivo Glenium 3030NS en concretos autonivelantes”, el estudio se realizó considerando 12 diseños de mezcla distintos con aditivo Glenium 3030NS, Sika visconcrete-1, Sika visconcrete-20HE con 196 muestras con una trabajabilidad media (Slump de 3" a 4"), para cada diseño se evaluó el asentamiento, la fluidez, peso unitario, exudación, tiempo de fragua, resistencia a la compresión axial y diametral, que correlaciona el tiempo y resistencia del concreto. Los diseños de mezcla se realizaron con las relaciones a/c de 0.40, 0.45 y 0.50 (concreto patrón), con una relación de agregados arena piedra a/p=42%/58%, a partir de la mezcla patrón se generó los



concretos de mediana a alta resistencia utilizándose tres dosificaciones con el aditivo Glenium 3030NS (0.39, 0.78 y 1.17% del peso de cemento), luego con las relaciones a/c de 0.40, 0.45 y 0.50 (concreto patrón), con una relación de agregados arena piedra a/p=50%/50%, a partir de la mezcla patrón se generó los concretos fluidos utilizándose diversas dosificaciones de aditivo Glenium 3030NS con el objetivo de generar un concreto autonivelante. Para aditivos super plastificantes tipo f. referente a la reducción de agua, cumplen los requerimientos para las relaciones a/c de 0.40, 0.45 y 0.50 con dosificaciones del aditivo Glenium 3030NS en 0.78 y 1.17% del peso de cemento (varían entre 20.47 % y 28.20%) y no cumplen para la dosificación en 0.39% del peso de cemento, con los cuales se logran reducciones que varían entre 6.34% y 10.61%; con respecto al tiempo de fraguado inicial y final cumplen los requerimientos para todas las relaciones a/c (0.40,0.45 y 0.50) con dosificaciones de aditivo Glenium 3030NS en 0.39 y 0.78% del peso de cemento, no cumpliendo para la dosificación en 1.17% del peso de cemento, el tiempo de fraguado inicial y final del concreto con aditivo Glenium 3030NS aumenta con respecto al patrón, es decir el tiempo de fraguado se retarda, por lo tanto, el aditivo Glenium 3030NS se comporta como un aditivo reductor de agua retardante.

Por otra parte, **Ortiz Lozano, Aguado de Cea, Zermeño de León, & Alonso Farrera (2007)** en el artículo titulado “Influencia de la temperatura ambiental en las propiedades del concreto hidráulico” correlaciona la temperatura, tiempo y resistencia del concreto que durante los meses de verano sufre efectos negativos sobre sus prestaciones en estado fresco y endurecido. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos del proyecto de investigación cuyo objetivo principal fue optimizar la dosificación de cemento en el concreto fabricado bajo condiciones elevadas de temperatura. Los estudios realizados comprenden principalmente campañas experimentales con concreto y agregados afectados por situaciones climáticas específicas, simulando condiciones de



verano e invierno. Las conclusiones finales dan pauta a potenciales aplicaciones industriales con el fin de disminuir los efectos negativos sobre el concreto y de generar beneficios económicos y medioambientales, apunta los resultados que cuando menores son las variaciones térmicas del concreto, mejores son los resultados relativos a prestaciones mecánicas, sin intervenir en las prestaciones del concreto en estado fresco; el coeficiente de absorción de los agregados finos aumenta con el incremento de la temperatura ambiental y la de su temperatura, dentro del rango de tiempos de saturación estudiados (30 minutos y 24 horas), las diferencias son poco significativas, lo que representa que el mayor porcentaje de absorción se produce durante los primeros minutos lo que, en términos prácticos, podría explicar la poca trabajabilidad en el concreto bajo condiciones de alta temperatura. La fricción interna de los agregados (medida mediante los ángulos de reposo y rozamiento interno en arenas) es menor a mayor temperatura; en este caso los valores de estos ángulos serán mayores para arenas con mayor módulo de finura. Según esta investigación la temperatura ambiental influye en las propiedades del concreto a prestaciones mecánicas, mencionando también que los agregados forman parte importante en el comportamiento de la temperatura.

Montoya, Cadavid, & Astrid Gómez (2009) en la revista EIA publicó el artículo titulado “Comportamiento mecánico y de fraguado de morteros de cemento pórtland gris tipo III con aditivos”, estudio que seleccionó un aditivo retardante a base de lignosulfonatos modificados, agua y un preservante; se usó un aditivo acelerante de fraguado libre de álcalis elaborado a base de sales orgánicas, usualmente utilizado para mortero proyectado en túneles; se tomaron 5 muestras de cada aditivo de 20 kg cada una, correspondientes a 10 lotes diferentes (5 lotes de aditivo acelerante y 5 lotes de aditivo retardante). Se realizaron análisis de aspecto (apariencia física) mediante observación a simple vista, PH en un equipo Mettler Toledo AG, densidad mediante picnómetro,



porcentaje de residuo sólido de acuerdo con los métodos estándar para análisis de sólidos en agua y viscosidad cinemática de los aditivos por el método de la copa. Se verificó que el cemento Pórtland gris tipo III cumpliera con la norma ASTM:C150/C150M-09 (2002) para ello se evaluó su aspecto, prueba de falso fraguado con la norma ASTM:C451-19 (2002) y pérdidas por calcinación de acuerdo con la norma ASTM:C114-15 (2002). Adicionalmente se evaluó la resistencia a la compresión del cemento con la norma ASTM:C109/C109M-11b (2012), empleando una relación a/c de 0,49 y 2,75 partes de arena por una parte de cemento.

El estudio encontró que, con las diferentes dosis de aditivo retardante empleadas, el comportamiento del mortero, lote a lote es similar; para mayor tiempo de fraguado inicial se obtuvieron mayores tiempos de fraguado final. Las dosificaciones con las que se obtuvieron los mayores tiempos de retardo fueron 0,4 y 0,6 % de aditivo, mientras que con 0,8 % el fenómeno se invirtió, ocurriendo una aceleración del fraguado, las propiedades mecánicas del patrón de referencia no se vieron afectadas con la adición de 0,2 % de aditivo retardante, mientras que con las dosificaciones de 0,4 y 0,6 % de este aditivo la resistencia a la compresión mejoró para edades de curado de 3, 7 y 28 días. Con la dosificación de 0,8 % a las edades de 1 y 3 días de curado la resistencia a la compresión disminuyó respecto al mortero sin aditivo, mientras que a los 7 y 28 días se obtuvieron valores levemente superiores. Los resultados de tiempos de fraguado y resistencia a la compresión indican que el aditivo retardante se debe emplear en dosis de 0,4 a 0,6 % para obtener los mejores resultados, una dosificación de 3 % de aditivo acelerante prácticamente no disminuye el tiempo de fraguado respecto al mortero sin aditivo, mientras que, con dosificaciones de 6, 9 y 12 % disminuye el tiempo de fraguado, obteniéndose con el 9 % y el 12 % tiempos de fraguado final alrededor de 150 s, en tanto



que con 6 % de aditivo se obtuvo un tiempo de fraguado final alrededor de 210 s, lo que sugiere que 6 % es la cantidad óptima para no desperdiciar el aditivo.

Pérez Ones, Díaz Rodríguez, Zumalacárregui, & Gozá León (2010) en la publicación de la revista de la Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia titulada “Evaluación de propiedades termodinámicas de mezclas etanol agua” se determinó que el éxito de la modelación de un proceso depende totalmente de la correcta descripción de las propiedades físicas, termodinámicas y del equilibrio de las fases que componen el sistema objeto de estudio. Muchos trabajos se han escrito discutiendo la importancia de la predicción de propiedades en la simulación de procesos, una buena introducción en este campo es apropiada para la evaluación de las propiedades físicas y modelos que permiten calcular propiedades termodinámicas de las mezclas etanol agua como: entalpía, capacidad calorífica, calor integral de solución, calor latente, entropía y coeficiente de actividad. El ajuste de los modelos estadísticos utilizando Statgraphics Centurión XV muestra una correlación estadísticamente significativa entre las variables dependientes e independientes para un 95% de confiabilidad, con residuos aleatoriamente distribuidos, los modelos desarrollados son confiables ya que los errores en las estimaciones son menores al 5%, en su mayoría. Los valores de los parámetros estadísticos obtenidos para cada ecuación demuestran la bondad de los ajustes, de forma preliminar, los modelos que presentan errores mayores del 5% pueden ser utilizados para predecir las propiedades, conociendo el error que se introduce en la determinación.

Páez Moreno, Leal Moreno, & Restrepo Burgos (2009) en la publicación de la revista Ingenierías de la Universidad de Medellín titulado “Influencia de los ciclos hielo deshielo en la resistencia del concreto (caso Tunja)” según el objetivo de la investigación se cumplió con encontrar la variación de la resistencia a la compresión del concreto frente a la acción de los ciclos hielo deshielo y se comprobó que el ciclo hielo deshielo durante



el periodo de afectación (2 meses aproximadamente) y variables definidas (curado, a/c y medio ambiente) como caso particular para las zonas alto andinas afecta el concreto a diferentes niveles, externo e interno, en su apariencia y en sus propiedades físicas y mecánicas, según los resultados de resistencia a la compresión obtenidos frente a los tipos de curado. La variación no es muy grande, se corroboró que el alto contenido de agua dentro de la mezcla de concreto propicia un mayor porcentaje de deterioro a la estructura, evidenciado en los resultados de resistencia a la compresión, absorción, porosidad abierta y pérdida de masa, observándose que para el caso tratado la afectación del ciclo es considerable a edad temprana del concreto, con un deterioro físico acentuado en condiciones de alta humedad (probetas con curado por inmersión en laboratorio), para evitar el deterioro del concreto, a edad temprana, ocasionado por los ciclos hielo deshielo que se presentan en zonas alto andinas, el concreto debe protegerse en horas de la noche con elementos adecuados (plásticos, telas, mantos, etc.) y en el día debe tener un buen proceso de curado. Además, otra de las medidas correctivas aconsejables es trabajar con relaciones a/c bajas, implementando la inclusión de aire, se consideró conveniente que los diseños de concreto manejen la variable de durabilidad y no únicamente la de resistencia mecánica, ya que siempre el concreto se verá expuesto a ambientes agresores como el clima y la contaminación, recomendando desarrollar investigaciones sobre la afectación de este agente (ciclo hielo deshielo) frente a otro tipo de materiales de construcción, tales como, adobe, mortero, asfalto, entre otros como el comportamiento del módulo de elasticidad y la rigidez del concreto afectado por los ciclos hielo deshielo y realizar los ensayos de caracterización física y/o mecánica a intervalos de tiempo más cortos, con el fin de buscar las curvas representativas del deterioro que causa el agente agresor y manejar un mayor número de especímenes de ensayo para evitar la dispersión de los datos y asegurar confiabilidad de los resultados. Los resultados del proyecto no son



definitivos como respuesta de los ciclos hielo deshielo, son solo un primer paso en el análisis de este fenómeno y pretenden ser la base para futuras investigaciones en este campo.

Llanos Peña (2015) en la investigación titulada “Diagnóstico de la influencia de las temperaturas ambiente en la resistencia final del concreto” se realizaron 14 muestras al aire libre y 24 muestras en una cámara de climas, con un total de 38 muestras que correlacionan la temperatura, tiempo y resistencia del concreto. Analizando las gráficas de la temperatura ambiente y la temperatura de las termocuplas, se determinó la gran influencia que tiene el clima sobre la temperatura del hormigón, incluyendo el aumento de calor de hidratación, variando así la resistencia del concreto de acuerdo a los resultados hallados, concluyendo que calentar en horas de la noche, ayuda al desarrollo de las propiedades mecánicas del hormigón a edades de 28 días, debido al ciclo térmico del ambiente en tales horas, la hidratación lenta y prolongada de las partículas de cemento.

Las mejores resistencias a temprana edad fueron logradas a las 10:00 a.m. debido a la alta temperatura presente durante el fraguado, concordando con los antecedentes de la investigación, la rápida hidratación afectó negativamente la resistencia final del concreto al comparar las gráficas de las temperaturas registradas por las termocuplas en los cilindros de concreto, se pudo observar, que a la octava hora la gráfica tiene una tendencia a decrecer, sin importar las horas del día, esto debido a los procesos de hidratación del concreto, concluyendo que el desarrollo de calor para elementos pequeños tales como las muestras para el ensayo a la compresión mencionadas en la norma ASTM:C39/C39M-17 (2002) no presentan un aumento térmico en la superficie de la muestra mayor a 2.5°C, debido a la cantidad de hormigón usado.

Cubas Miranda (2019) en la investigación titulada “influencia del aditivo ASTM:C494/C494M-08a (2002) tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la



compresión del concreto convencional” se realizaron 96 muestras con el aditivo Z Fragua #5 y 96 muestras con el aditivo Accelguard 90 al (0%,2%,4%,6%) para ambos aditivos, a edades de 3,7,14 y 28 días que correlaciona el tiempo y resistencia del concreto. El proyecto comprendió una investigación experimental, debido a que se manipuló la cantidad de aditivo tipo E en la mezcla de concreto para observar los efectos en sus propiedades. La metodología se basó en la caracterización de los agregados, diseño de mezcla (ACI:211.1-91, 2002), ensayo de asentamiento (NTP:339.035, 2009), de fragua (NTP:339.082, 2001) y resistencia a compresión (NTP:339.034, 2015). Se utilizó el cemento tipo I, agregado grueso de tamaño máximo nominal $\frac{1}{2}$ ”, agregado fino de módulo de finura 2.57, relación a/c 0.611, se adicionó a la dosificación del concreto los aditivos Z Fragua #5 y Accelguard 90 respecto al peso del cemento. Para las pruebas a compresión se realizaron muestras de 4” de diámetro y 8” de altura y se ensayaron a 3, 7, 14 y 28 días, sometidas al curador químico Membranil Reforzado. Mientras que para el registro de los resultados se realizaron fichas de recolección para cada ensayo (asentamiento, tiempo de fraguado y resistencia a compresión).

Finalmente se concluyó que el porcentaje óptimo del aditivo tipo E Accelguard 90 es del 4% y del Z Fragua #5 el 2%. El Accelguard 90 aumentó la resistencia a compresión en 33% a los 3 días y 7 días, 23% a los 14 días y 18% a los 28 días; reduciendo el tiempo de fraguado inicial y final en 80 minutos y 98 minutos respectivamente, presentando los mejores resultados. El Z Fragua #5 generó también efectos positivos en las propiedades del concreto, pero en un menor porcentaje. Asimismo, se demostró que el aditivo Accelguard 90 cumple con los requisitos de la ASTM:C494/C494M-08^a (2002) basándose en reducciones mínimas de 60 minutos en el tiempo de fraguado y en el incremento mínimo de 25% en la resistencia a compresión a 3 días y de 10% en edades de 7 y 28 días.



Filio Chagua (2019) en la investigación titulada “Evaluación y análisis de la influencia de curado acelerado por el método de agua caliente en la resistencia a la compresión de concreto $f' = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la provincia y región de Pasco” se realizaron 5 muestras como patrón y 18 muestras con curado a agua caliente con un total de 23 muestras que correlaciona la temperatura, tiempo y resistencia del concreto. En el desarrollo de la investigación se realizaron probetas de concreto las cuales se colocaron en un tanque de curado acelerado, los ensayos realizados se llevaron a cuadros estadísticos donde se compararon los resultados estándar con los resultados de los especímenes obtenidos a los 7, 14 y 28 días, determinando las ventajas o desventajas que tiene la aplicación del uso del agua caliente para el curado del concreto usando el método indicado en la norma NTP:339.213 (2018) y así verificar si se incrementa la resistencia a la compresión de concreto, dando validez a la hipótesis general planteada en la investigación. Se observó que la resistencia alcanzada por los especímenes curados durante 12 horas y enfriados durante 7 horas son equivalentes a las resistencias alcanzadas por el curado estándar de 28 días al momento de realizar los ensayos de rotura; las probetas que fueron sometidas al curado acelerado presentaron un color gris claro en comparación a las probetas hermanas que presentaron un gris oscuro, este cambio de color se debe principalmente al aceleramiento de las reacciones químicas del cemento, observándose que la resistencia a compresión obtenida por el método estándar a los 7 días es equivalente a la obtenida por el T1 curado durante 3.5 horas y enfriado durante 2 horas. Del mismo modo es equivalente a la obtenida por el T2 curado durante 3.5 horas y enfriado durante 7 horas a más, mientras que la resistencia a compresión obtenida por el método estándar a los 14 días es equivalente a la obtenida por el T2 curado durante 7 horas y enfriado durante 7 horas a más; la resistencia a compresión obtenida por el método



estándar a los 28 días es equivalente a la obtenida por el T2 curado durante 12 horas y enfriado durante 7 horas a más.

Mamani Chipana & Chambi Mamani (2020) en la investigación titulada “Influencia del calor de hidratación en concreto a bajas temperaturas, dosificado con cemento comercializado en la ciudad de Juliaca” se realizó para cada marca de cemento 45 muestras: Wari tipo I, Yura 1P, Rumi 1P y Frontera 1P, a temperaturas de -5°C , 5°C y un patrón para edades de 7,14 y 28 días con un total de 180 muestras que correlaciona la temperatura, tiempo y resistencia del concreto. De los resultados obtenidos para el cemento Wari liberó un menor calor de hidratación esto debido a que contiene el 50 % de silicato de tricálcico (C_3S) que redujo su calor de hidratación y contribuyó más al desarrollo de la resistencia durante las primeras semanas, mientras que el silicato dicálcico (C_2S) con el 24% contribuyó en el incremento posterior de la resistencia. Los cementos tipo 1P liberaron un mayor calor de hidratación, debido a que contiene el 32 % de silicato de tricálcico (C_3S) ello hace que incrementen su calor de hidratación y contribuya menos al desarrollo de la resistencia durante las primeras semanas, mientras que el silicato dicálcico (C_2S) con el 40% contribuyó en el incremento posterior de la resistencia. Respecto al fraguado inicial del concreto realizado mediante el aparato de Vicat, se concluyó que a menor tiempo de fraguado el calor de hidratación es bajo siendo el concreto dosificado con cemento Wari tipo I de 167 min., el que obtuvo el calor de hidratación baja de 38.19 cal/gr y la resistencia del concreto de 127.1% respondiendo satisfactoriamente a la resistencia de diseño. Con los resultados obtenidos concluyó que los concretos elaborados a temperaturas de -5°C no respondieron satisfactoriamente al comportamiento requerido en relación con su resistencia de diseño de concreto 210 kg/cm^2 , a los 28 días redujeron su resistencia en 10.10% en los concretos dosificados con cementos tipo 1P con variaciones significativamente inferiores frente al concreto patrón,



mientras que los concretos dosificados con cemento Wari tipo I redujeron su resistencia en 7.55% a los 28 días siendo menor las variaciones frente a los concretos dosificados con cementos tipo IP, concluyendo que los concretos elaborados a temperaturas de 5°C no respondieron satisfactoriamente al comportamiento requerido en relación con su resistencia de diseño de concretos 210 kg/cm², a los 28 días redujeron su resistencia en 3.34% aproximándose la resistencia de diseño.

Palacios Almendro (2019) en la investigación titulada “Influencia del curado acelerado con agua hirviendo en la resistencia temprana del concreto” realizó dos diseños de mezcla con relación a/c a 0.5, 0.6 y f'_{cr} (diseño) a 336 kg/cm², 252 kg/cm² con 23 muestras por grupo con un total de 46 muestras ensayadas a diferentes edades con una correlación de temperatura, tiempo y resistencia del concreto. Primero fue con curado acelerado con agua hirviendo el concreto de a/c = 0.50 de f'_{cr} = 336 kg/cm², luego con curado normal, el cual alcanzó una resistencia a la compresión simple de f'_c = 225.5 kg/cm² a 28 días, luego para un concreto de a/c = 0.60 de f'_{cr} = 252 kg/cm² el concreto fue con curado de agua hirviendo y luego en curado normal, alcanzando una resistencia a la compresión simple de f'_c = 175.2 kg/cm² a 28 días. Luego para un concreto de relación a/c = 0.50 de f'_{cr} = 336 kg/cm², se inició con curado normal y después con curado acelerado de agua hirviendo incrementó su resistencia en 5.6 % de f'_{cr} (diseño) a 28 días, en seguida para el concreto de relación a/c = 0.60 de f'_{cr} (diseño) = 252 kg/cm² el procedimiento se inició con curado normal y luego curado acelerado con agua hirviendo, el incremento de su resistencia es 0.8 % de f'_{cr} (diseño) a 28 días, se verificó que luego del curado acelerado con agua hirviendo a las probetas se produjo un incremento de la resistencia a la compresión simple del concreto. En este sentido, para una relación agua cemento (a/c), 0.50 y 0.60, la resistencia alcanzada f'_c (laboratorio) a 28 días es 225.5 y 175.2 kg/cm² respectivamente. Los resultados obtenidos f'_c (laboratorio) corresponden al



uso del cemento Portland tipo I para los concretos de relación (a/c), 0.50 y 0.60, puesto que el cemento Portland tipo III genera un mayor calor de hidratación respecto del cemento Portland tipo I, se dedujo que si se aplicara el curado acelerado con agua hirviendo en concretos elaborados con cemento Portland tipo III, al tenerse las condiciones de elevado calor de hidratación del cemento y temperatura a 100° C del agua hirviendo el $f'c$ (laboratorio) resultará mayor que las resistencias obtenidas en el presente estudio, donde se ha empleado cemento Portland tipo I.

Según, **Mayta Rojas (2014)** en la investigación titulada "Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo" se realizaron 6 grupos y 36 muestras por grupo con diseños de mezcla patrones (sin el aditivo mencionado) de relaciones $a/c=0.40$, 0.50 y 0.60 para un Slump de 4", luego sin variar los componentes iniciales del concreto patrón se incorporaron diferentes dosis de aditivo RHEOBUILD VE (250, 450, 650, 850 y 1050 ml por cada 100 kg de cemento), obteniéndose así los diseños de mezclas experimentales. Todas las variantes hacen un total de 18 diseños de mezcla con un total de 216 muestras que correlacionan el tiempo y la resistencia del concreto.

La adición del aditivo en las mezclas provocó en la mayoría un breve retraso en el tiempo de fraguado con respecto al concreto patrón, siendo estos valores mayores para las dosis de 1050 ml. Este retraso se debe a la naturaleza o composición química del aditivo, fabricado con sales de condensado de naftaleno sulfonado y formaldehído (SNF), el tiempo de fragua inicial para cualquier relación a/c alcanzó sus incrementos mínimos o decrecimientos con dosis de aditivo de 250 ml y sus incrementos máximos con dosis de aditivo superplastificante de 1050 ml.

Los valores del tiempo de fragua inicial y final obtenidos para las diferentes dosis de aditivo con respecto a las relaciones $a/c=0.40$, 0.50 y 0.60, en su mayoría no superaron



los límites establecidos por la norma ASTM para aditivos "Tipo F", con excepción de algunos que ligeramente sobrepasaron el límite superior fijado. Con base a las conclusiones obtenidas, se tiene que la utilización del aditivo influyó en el tiempo de fraguado del concreto y la incorporación del aditivo en las mezclas de concreto ocasionó un incremento de la resistencia a la compresión para dosis debajo e igual a 650 ml; sin embargo, para dosis superiores a 650 ml la resistencia a la compresión del concreto experimentó un decrecimiento, no obstante, este valor se encuentra mayormente por encima de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón. Asimismo la resistencia a la compresión logró alcanzar sus valores máximos con dosis de 650 ml de aditivo superplastificante para cualquier edad y relación a/c mientras que la resistencia a la compresión logró alcanzar sus valores mínimos con dosis de 1050 ml de aditivo superplastificante para cualquier edad y relación a/c, lográndose alcanzar resistencias mayores al 70% respecto al concreto patrón (referente 28 días) en 3 días para dosis de 650 ml del aditivo para cualquier relación a/c son: 72.2% 73.3% y 77.0% respectivamente. Con base a las conclusiones obtenidas, se tiene que la utilización del aditivo influye en la resistencia mecánica del concreto.

2.2. REQUISITOS PARA EL HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO (CIRSOC)

2.2.1. *Vaciado del Concreto en Tiempo Frío*

Según este reglamento Maria Machado (2005) define como tiempos fríos a los períodos en los cuales alrededor de más de tres días seguidos existe las características siguientes:

- a) Las temperaturas medias diarias ambientales sea menor que 5 °C.
- b) Las temperaturas ambientales son iguales o menores que 10°C a lo largo del medio día en el periodo de 24 horas.

Este reglamento considera como temperaturas medias diarias ambientales a los promedios de la temperatura máxima y mínima que ocurre dentro de las 24 horas de dos días seguidos.

2.2.1.1. Temperatura de Colocación del Concreto Fresco

Las temperaturas de los concretos frescos inmediatamente después de su colocación deben ser iguales o mayores que las mostradas en la tabla 5, estas temperaturas mínimas tienen en consideración la temperatura ambiente y las menores dimensiones lineales de las secciones transversales.

Tabla 5: *Temperaturas de colocación del concreto, en tiempo frío*

	Temperatura del aire	Mínima dimensión lineal de la sección (cm)			
	°C	Menor de 30	30 a 90	90 a 180	Mayor de 180
Temperatura mínima a la que se debe colocar y mantener el hormigón durante el periodo de protección					
I	...	13°C	10°C	7°C	5°C
Temperaturas mínimas recomendada a la salida de la planta dosificadora, según sea la temperatura del aire					
II	-1 a +7	16°C	13°C	10°C	7°C
III	-18 a -1	18°C	16°C	13°C	10°C
IV	Menor de -18	21°C	18°C	16°C	13°C
Variación máxima admisible de la temperatura del hormigón en las primeras 24 horas posteriores a la finalización del periodo de protección					
V	...	28°C	22°C	17°C	11°C

Fuente: CIRSOC

Las temperaturas de colocación de los concretos no deben exceder en más de 10°C al mínimo indicado en la línea I y deben encontrarse lo más cercano posible a los mínimos. Las temperaturas de los concretos frescos a la salida de las plantas dosificadoras deben tener en cuenta las pérdidas de calor a lo largo del transporte. A esos efectos, se deben calcular las temperaturas al momento de salida de planta lo que permitirá cumplir con las temperaturas mínimas de colocación. Por defecto, se debe utilizar los valores mostrados en la tabla 5, líneas II, III y IV (Maria Machado, 2005)



2.2.1.2. Temperaturas Máximas para Calentar los Materiales

Cuando sea factible calentar los materiales componentes del concreto y así alcanzar las temperaturas establecidas para su colocación, deberá considerarse las siguientes temperaturas máximas:

- Temperatura del agua: 80°C
- Agregados: 65 °C de media, lo mismo en cualquier punto de la masa menor de 80°C.

El equipo empleado para calentar el material lo hará de manera uniforme en toda su masa; en ninguno de los casos las temperaturas de los concretos frescos resultantes serán mayores de 30°C (Maria Machado, 2005)

2.2.1.3. Preparación del Concreto

- No deberán ser descongelados los agregados con sales o productos químicos.
- Se empleará el agregado que no contenga hielo adherido a su superficie.
- Se debe cuidar el orden de ingreso de los componentes del concreto a la mezcladora, previniendo que el cemento se ponga en contacto con el material que este a una temperatura mayor a 60°C (Maria Machado, 2005)

2.2.1.4. Colocación del Concreto

La operación de colocación no se iniciará o será interrumpida cuando se carezca de los medios apropiados para que se proteja el concreto de las bajas temperaturas y se presente alguna de las condiciones siguientes:

- Cuando la temperatura ambiente en lugares de la obra en sombra y lejos de todas las fuentes artificiales de calor sea menor de 5°C.
- Cuando puedan predecirse que dentro de 48 horas posteriores al momento de que se coloque el concreto, las temperaturas ambientales puedan estar descendiendo por debajo de los 0°C.



A tal efecto, el hecho que las temperaturas ambientales a las 9 am de la mañana sean menores a 4°C, se toma como indicios suficientes para que se prevengan dentro de los plazos indicados y alcancen los límites de temperaturas establecidas antes.

Durante el período de bajas temperaturas ambientales, antes de que se inicien las tareas de colocación, se debe estar verificando los siguientes aspectos:

- Exista en la obra el medio necesario para la protección del concreto en contra de las acciones de baja temperatura.
- Los materiales que componen el concreto esté libre de nieve, hielo o escarcha.
- El encofrado, armaduras y lugares que ocuparán los concretos, estén libres de nieve, hielo o escarcha y que los concretos frescos no se colocarán en contacto con el suelo o concreto congelado.

La temperatura del área de contacto debe ser igual o mayor a 2°C y no debe exceder en más de 5°C a la temperatura mínima de colocaciones dadas en la tabla 5, incluyendo los moldes y encofrados y los elementos metálicos que están empotrados en el concreto, subrasantes, suelos y fundaciones hasta 10 cm por debajo de las superficies de acercamiento con el concreto, concretos endurecidos hasta 10 cm de las superficies de construcción.

- los concretos que hayan sido perjudicados por las acciones de baja temperatura, serán eliminados antes de que se continúe con la tarea de vaciados (Maria Machado, 2005)

2.2.1.5. Protección y Curado del Concreto

Cuando se espera que las temperaturas medias del ambiente descieran por debajo de 5 °C, luego de ser colocadas, los concretos frescos deben ser protegidos y mantenidos a temperatura igual o mayor que la mínima establecida en la línea I de la tabla 5 a lo largo del período no menor a los indicados.



Cuando los concretos contengan aire incorporado, los períodos de protección mínimos deben ser los indicados a continuación, según el tipo de cemento utilizado:

- a) Cemento Portland común, que no tengan adiciones y que estos alteren su desarrollo y resistencia; incluyen a los cementos sin adición que sea moderadas o altamente resistentes al sulfato y/o resistentes a las reacciones álcali-agregado: por tres días.
- b) Cemento de altas resistencias iniciales: dos días.
- c) Cemento de bajo calor de hidratación puzolánico, con escoria y cemento de altos hornos; incluye al cemento con adición que posee las condiciones de moderado o altamente resistente al sulfato y/o resistente a las reacciones álcali-agregado: seis días.

Si los concretos no contienen aire intencionalmente incorporado en sus masas, el período de protección establecido debe ser duplicado. Como alternativa, los períodos de protección deben ser extendidos como mínimo hasta que los concretos hayan desarrollado una buena resistencia en el campo igual o mayor que 7 MPa determinadas según especificaciones.

Durante el período de protección del concreto se pueden admitir temperaturas de la masa inferiores a las indicadas en la línea I de la tabla 5, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- a) En ningún instante las temperaturas del concreto de las estructuras serán menores a 5°C.
- b) Dicha temperatura será monitoreada con un sensor empotrado en su masa, que será leído no menos de cuatro veces al día. La lectura debe consentir los registros de picos extremos.
- c) Las protecciones del concreto se mantendrán a lo largo de los períodos de tiempo necesarios para que los concretos alcancen una resistencia a compresión iguales o



mayores a 7 MPa y aseguren los siguientes desarrollos de las resistencias y características especificadas.

- d)** Las protecciones exteriores deben ser ampliamente confiables frente al fenómeno atmosférico y la contingencia propios de cada obra, para así estar seguros de la condición establecida en los puntos a), b) y c).

Para defender el concreto de los efectos de baja temperatura se debe emplear una cubierta con aislante térmico que aproveche el calor de hidratación o un ambiente cerrado que permita calentar con vapor de agua los recintos en que se encuentran las estructuras.

Si se emplean calefactores o radiadores a combustión para mantener la temperatura, se debe tomar la precaución necesaria que evite el secado del concreto, también el gas de combustión se debe llevar fuera de los recintos calefaccionados y evitar la exposición de los concretos a los ambientes contaminados con anhídrido carbónico.

Los curados del concreto a lo largo de los períodos de protección se deben efectuar haciendo uso de algún método indicado combinado con las protecciones adecuadas para que se cumplan con el requisito establecido.

En caso de que se empleen los curados húmedos con aportes de agua o vapor, los mismos deben ser interrumpidos no menores de 12 horas antes de que se terminen los períodos de protección establecidos y se permitirán que los concretos se sequen lo suficiente a lo largo del período de ajuste y graduación de la temperatura hasta que alcancen la condición ambiental de los tiempos fríos.

Culminando los períodos de protección, en los casos que exista una temperatura ambiente por encima de 10°C a lo largo de 12 horas o más de cualquier período de 24 horas, por tres días seguidos, se debe considerar que el concreto no esté sometido a tiempos fríos y sobre él se continuarán los curados normales (Maria Machado, 2005)



2.2.2. Vaciado del Concreto en Tiempo Caluroso

Según (Maria Machado, 2005) define como tiempos calurosos a la combinación de cualquier factor climático asociado a las elevadas temperaturas del ambiente, que pretendan perjudicar la calidad de los concretos frescos o endurecidos, o que contribuyan al desarrollo de propiedades anormales de los mismos.

2.2.2.1. Temperaturas de Colocación del Concreto Fresco

La temperatura de los concretos frescos y después de haber sido colocados y compactados, deben ser iguales o menores a 30 °C, aunque los proyectistas establezcan las temperaturas menores de colocación, estas tendrán la preferencia sobre las indicadas antes.

Las temperaturas indicadas no evitan las formaciones de fisuras por retracciones térmicas. Cuando las tipologías estructurales y la condición de los medios que plantean las posibilidades de que ello suceda y se deba evitar la fisuración térmica por una razón de durabilidad y capacidad de servicio de la estructura, se debe realizar el estudio necesario para que se fijen las temperaturas máximas de colocaciones.

Lo indicado anteriormente es de especial aplicación, sin que la mención sea taxativa, en las estructuras masivas, tabiques, losas de fundaciones y entrepiso de grandes dimensiones y en todas las estructuras y formas estructurales, sus restricciones y vínculos a las retracciones térmicas que puedan producir tensiones mayores que las resistencias a tracciones.

El concreto en tiempos calurosos puede provocar la fisuración por contracciones plásticas.

Cuando se coloquen concretos en tiempos calurosos se debe prevenir la condición necesaria para evitar las contracciones plásticas (Maria Machado, 2005)



2.2.2.2. Reducir la Temperatura del Concreto

Para reducir la temperatura del concreto, adoptar uno o más de los siguientes métodos:

- Emplear cemento Portland con menores temperaturas posibles.
- Conservar el acopio del agregado grueso a la sombra y refrigerar estos mismos con agua, humedeciendo en forma de niebla para que reduzcan sus temperaturas.
- El agua de mezclado debe estar refrigerado.
- Utilizar el hielo para reemplazar parcial o totalmente el agua de mezclado.
- Conservar en la sombra o aislarlos térmicamente los depósitos y cañerías que conduce el agua de mezclado (Maria Machado, 2005)

2.2.2.3. Preparación del Concreto

Si se utiliza hielo, los mismos deben ser licuados totalmente antes de que terminen los períodos de mezclado.

Si el agregado se refrigera con agua en formas de niebla, se deben reducir del total de agua de mezclado la aportada por el agregado.

No se deben utilizar cementos de alta resistencia inicial o aditivos químicos aceleradores.

Se pueden emplear aditivos retardadores en los tiempos de fraguados, fluidificantes y retardadores o el superfluidificante y así retardar los tiempos de fraguado del concreto. Este aditivo nos permite compensar las aceleraciones de los fraguados producidos por las mayores temperaturas del concreto, pero no son aplicaciones que resuelvan los efectos térmicos desfavorables. En este caso las dosificaciones de los retardadores se deben ajustar en función de la variación en las temperaturas de colocación del concreto.



Los períodos de mezclado de los concretos deben ser lo mínimo indispensable para que se produzca una mezcla uniforme y homogénea. En lo factible y para los concretos mezclados en plantas fijas, no deben exceder de 90 segundos (Maria Machado, 2005)

2.2.2.4. Colocación del Concreto

Cuando el aire y temperatura del ambiente llegue a 30° C se debe continuar colocando el concreto con las recomendaciones estipuladas, se debe rociar y humedecer los encofrados y moldes, así como los concretos y las armaduras existentes con agua en forma de niebla a menores temperaturas posibles. En estos casos, inmediatamente antes de las colocaciones de los concretos, las acumulaciones de agua deberán ser eliminadas de los lugares que ocuparán los concretos frescos.

En el caso de que la condición ambiental diurna sea crítica y logre que los concretos tengan temperaturas menores a las establecidas, los trabajos de hormigonado se realizarán por la noche.

Se aconseja que a diario y a diferentes horas se registren las temperaturas y las humedades relativas ambientales, las temperaturas de los concretos y la rapidez del viento, correlacionándola con los lugares de colocación del concreto (Maria Machado, 2005)

2.2.2.5. Protección y Curado del Concreto

El área expuesta del concreto se debe mantener siempre humedecida durante las 48 horas luego de que se finalice la colocación, a través de riegos en forma de nieblas tipo arpillera húmeda u otro medio de eficacia comprobada. Después se debe seguir con los períodos de curados húmedos especificados.



Durante las primeras 24 horas, la superficie del concreto expuesta al medio ambiente, debe ser protegida en contra de las acciones del viento y del sol, con el propósito de evitar las fisuraciones en los concretos por contracciones plásticas o por secados prematuros.

El encofrado de madera se debe conservar siempre humedecido hasta que finalicen los tiempos de curado especificados. En ningún caso el agua de curado debe tener temperaturas inferiores a la del concreto en más de 10°C.

Los curados del concreto se deben efectuar empleando algún método indicado combinándolos con las protecciones adecuadas para que cumplan el requisito establecido (Maria Machado, 2005)

2.3. INFORME DEL COMITÉ ACI 201

2.3.1. Congelamiento y Deshielo

Según ACI:201.2R-01 (1997), exponer los concretos frescos a periodos de congelamiento y deshielo ponen a prueba las capacidades de los concretos que sobrevivan sin que sufran daño. El concreto con aire incorporado y adecuadamente dosificado, elaborado con un material de buena calidad y correctamente colocado, acabado y curado puede resistir los períodos de congelamiento y deshielo a lo largo de muchos años.

En cambio, bajo condiciones extremadamente severas, los períodos de congelamiento y deshielo consiguen que se dañe aún más el hormigón de altas calidades si este se mantiene en estados de saturaciones totales. Estas situaciones pueden ocurrir, cuando alguno de los elementos del concreto están expuestos a aires cálidos y húmedos en uno de sus lados y de los lados fríos las evaporaciones son insuficientes o están restringidas o cuando los concretos están expuestos a unas columnas de agua durante un tiempo determinado antes de los congelamientos.



Se puede consultar las discusiones generales sobre las acciones de la helada en los concretos en los trabajos de (Cordon, 1966)

2.3.1.1. Acción de las Heladas en el Concreto

Powers (1975) y sus socios efectuaron una profunda investigación sobre las acciones de la helada en los concretos. Estos investigadores difundieron el desarrollo de una hipótesis suficiente que explica este complejo comportamiento. Consideraron por separado las pastas de cemento endurecido y los agregados cuyos comportamientos fueron suficientemente diferentes al ser sometidos a un ciclo de congelamientos y deshielos.

En sus trabajos iniciales Powers (1975) atribuye el daño de la helada que provoca en el hormigón tensiones generadas por las presiones hidráulicas en el poro. Las presiones se deben a las resistencias de los movimientos del agua que se alejaban de la región de congelamientos. Se consideraba que las magnitudes de las presiones dependían de las velocidades de los congelamientos, de los grados de saturación, de los coeficientes de permeabilidades de las pastas y la magnitud de los recorridos de los flujos hasta los lugares más próximos que permiten los escapes del agua. El beneficio del aire añadido se explicaba en términos de acortamientos del recorrido de los flujos hasta el sitio de salida. Varias autoridades aún aceptan esta hipótesis. Estudios posteriores realizados por Powers (1975) y Helmuth (1961) produjeron una fuerte evidencia que indicaba que las hipótesis de las presiones hidráulicas no correspondían con el resultado experimental. Estos científicos descubrieron que, a lo largo de los congelamientos de la pasta de cemento, los movimientos mayores del agua eran hacia los sitios de congelamiento, no se alejaban de este sitio como se consideraba anteriormente. También, la dilatación (expansión) que se producía mientras los congelamientos mayormente disminuían al aumentar las velocidades de enfriamientos. Estos descubrimientos contradicen las hipótesis de las



presiones hidráulicas e indicaba que se podían aplicar unas formas modificadas de las teorías antes desarrolladas por Collins (1944) inicialmente desarrolladas para que expliquen las acciones de la helada en los suelos. Powers (1975) y Helmuth (1961) señalan que en las pastas de cemento y del agua están presentes en formas de soluciones alcalinas débiles. Cuando las temperaturas de los concretos caen por debajo de los puntos de congelamientos hay unos periodos iniciales de superenfriamiento, después de los cuales se forma un cristal de hielo en el capilar de mayores tamaños. Esto provocan un aumento en los contenidos de álcalis en las porciones no congeladas de las soluciones dentro de este capilar, produciéndose un potencial osmótico que impulsan al agua en el poro cercano a que comiencen a extenderse a las soluciones que es encontrada en la cavidad congelada. Las diluciones provenientes de las soluciones en contacto con el hielo permiten unos mayores crecimientos de los cuerpos de hielo (acreciones). Cuando las cavidades se llenan de hielo y soluciones, algunas acreciones de hielo adicionales producen presiones de expansión, las cuales pueden estar provocando las fallas de las pastas. Al ser erradicada el agua del capilar no congelado, las pastas tienden a ser encogidas. (en los experimentos realizados se han verificado que las contracciones de las pastas u concretos ocurre durante los ciclos de congelamientos).

De acuerdo con Powers (1975) cuando las pastas contienen aire incorporado y las distancias medias entre la burbuja de aire no son demasiado grandes, la burbuja compite con el capilar de agua no congelada y generalmente gana estas competencias. En la actualidad muchos autores creen que la tensión resultante de las presiones osmóticas provoca las mayores partes del daño por una helada en las pastas de cemento.

2.3.1.2. Recomendaciones para Lograr Estructuras Durables

El concreto que estará comprometido a combinaciones de humedades y ciclos de congelamientos exigen las siguientes condiciones:



- Unos diseños de las estructuras que minimicen su exposición a la humedad;
- Baja relación a/c;
- Adecuadas incorporaciones de aire;
- Material de buena calidad;
- Adecuados curados antes de los primeros ciclos de congelamiento
- Atenciones particulares a la práctica constructiva.

2.3.1.3. Relación a/c

Los concretos con peso normal que resisten a las heladas deberían tener una relación a/c no mayores que el siguiente valor: sección delgada (tablero de puentes, baranda, cordón, voladizo y elemento ornamental) y algunos concretos expuestos a sal y anticongelante, relación a/c menor o igual que 0,45; todas las demás estructuras, relación a/c menor o igual que 0,50.

Debido a que en algunas oportunidades no se tiene conocimiento con certeza los grados de absorción del agregado liviano, no resulta posible calcular las relaciones a/c del hormigón que contiene estos tipos de agregados. Para este hormigón se debe precisar unas resistencias a las compresiones a 28 días mayor o igual que 4000 psi (27.6 MPa).

2.3.1.4. Materiales

Si son utilizados en hormigones con aire incorporado, adecuadamente dosificado y elaborado, la variedad de tipos de cemento Portland y cemento hidráulico mezclado proporciona resistencia similar frente al ciclo de congelamientos. El cemento usado debe satisfacer el requisito de las normas (ASTM:C150/C150M-09, 2002) ó (ASTM:C595/C595M-09, 2013)

La mayor parte de la ceniza fina y puzolana natural que se utiliza como aditivo no afecta de modo significativo la durabilidad de los concretos, siempre que los contenidos de aire, las resistencias y los contenidos de humedad de los concretos sea similar. Sin



embargo, antes de que se utilicen los materiales que no hayan estado probados, se deberán realizar las investigaciones adecuadas. La ceniza fina y la puzolana natural deberá satisfacer el requisito de la norma ASTM:C618-19 (2011) en los países de Europa continental (Bélgica, Holanda, Francia y Alemania), durante más de un siglo se ha empleado con éxito cementos de escorias de alto horno para elaborar el hormigón expuesto a ambiente de congelamientos y deshielos severos, incluye ambiente marino.

El agregado natural deberá satisfacer el requisito de la norma ASTM:C33/C33M-13 (2011), no obstante, estos no obligatoriamente asegurarán su durabilidad y respecto del agregado liviano debería satisfacer el requisito de la norma ASTM:C330-05 (2012) aunque esta especificación contiene varios requisitos, se deja las selecciones finales del agregado a criterio de los ingenieros.

Si los ingenieros están familiarizados con el comportamiento en obras de los agregados propuestos, sus criterios profesionales se considerarán adecuados. En alguna situación se puede efectuar un estudio de los comportamientos en obras para que desarrolle el criterio que permita admitir o denegar el agregado. Si estos no fueran factibles, se deberán considerar especialmente los cuidados al interpretarse el resultado del ensayo realizado en los laboratorios.

El ensayo que se puede efectuar en laboratorio sobre el agregado incluye absorción, gravedad específica, sanidad (imperfección, ausencia de fisura, grieta o variación en relación con patrones aceptados) y las determinaciones de las estructuras de poros. Se ha manifestado una descripción de este ensayo y opinión acerca de sus utilidades Buth & Ledbetter (1970) a pesar de que este dato es útil y aunque algunas organizaciones inclusive han impuesto un límite para el ensayo realizado sobre los agregados, generalmente se admite que se debería confiar más en el ensayo realizado sobre los concretos elaborados con los agregados en cuestión.



El estudio petrográfico tanto del agregado Mielenz (1978) como del concreto Erlin & Mather (1966) es útil para que se evalúe la característica física y química del agregado y del concreto que con ello se elabora.

El ensayo en laboratorio que se pueda efectuar sobre el concreto incluye los ensayos de congelamientos y deshielos rápidos según norma ASTM C 666 (2003) en los cuales la durabilidad del concreto se mide a través de las reducciones de los módulos de elasticidad dinámica de los concretos. La norma ASTM C 666 (2003) autoriza que se realicen los ensayos ya sea empleando el procedimiento A, congelamientos y deshielos en agua, o bien el procedimiento B, congelamientos en aire y deshielos en agua.

El resultado del ensayo realizado conforme con la norma ASTM C 666 (2003) ha sido suficientemente analizado y discutido Buth & Ledbetter (1970) y ACI 221R (1959) ha criticado este ensayo mencionando que no se reproduce la condición que existe en obras. Primeramente, la probeta de ensayo se satura, lo cual generalmente no ocurre con el concreto en obras cuando inicia el invierno. También, el método de ensayo no reproduce de forma realista la condición efectiva de humedad del agregado de los concretos en obra. El método rápido, además, ha sido criticado porque exige una tasa de enfriamiento mayor que la que ocurre en obras. Otras críticas expresadas es que la pequeña probeta que se utiliza en el ensayo no se puede preparar haciendo uso del agregado propuesto si este es de gran dimensión y es justamente este agregado el cual podría ser más susceptible a las desconchaduras y a los deterioros generales que el agregado de menor dimensión. El aspecto que tiene un trozo de agregado que hace desconchaduras en las partes centrales de una probeta de ensayo relativamente pequeño puede ser provocada por las fallas de las probetas, mientras tanto en los concretos en servicio las desconchaduras casi no provoca un defecto superficial (Sturup, 1987)



Por lo general, se acepta que, aunque estos ensayos sean diferentes, permiten que se clasifique al agregado de excelente a pobre en un ordenen aproximadamente correcto, no permite predecir si con unos agregados marginales se logra unos comportamientos satisfactorios si se hace uso en unos concretos con unos determinados contenidos de humedad y sujetos a ciclos de congelamientos y deshielos. Las capacidades de que realicen estas determinaciones son de enorme prioridad económica en el área en la cual el agregado de elevadas calidades es escaso y se podrían estar permitiendo el empleo de un agregado marginal local a pesar de la carencia de la norma (ASTM C 666, 2003)

En vista de esta objeción a los ensayos ASTM C 666 (2003) y Powers (1975) proyectó ensayos de dilataciones cuyos desarrollos fueron profundizados seguidamente por otro investigador (Harman, 1970) y (Tremper & Stratfull, 1958). La Norma ASTM C671 -94 (2003) dispone que las muestras de concretos con aire incorporado se lleven hasta las condiciones de humedad a la cual se anticipan que estarán sujetos a los concretos al inicio del invierno, habiendo sido los contenidos de humedad determinada de preferencia a través de ensayo in situ. Después las probetas se sumergen en agua y se congelan periódicamente utilizando las tasas de enfriamientos que se anticipan a las obras. Lo que se mide son los aumentos del largo (dilataciones) de las muestras durante las partes de los ciclos correspondientes a los congelamientos. La norma ASTM C682 - 94 (2003) apoya a que se interprete el resultado. En estos ensayos, unas variaciones de dimensiones excesivas indican que los agregados han alcanzado a las saturaciones críticas y vulnerables. Si el tiempo que se demora para alcanzar las saturaciones críticas son menores que las duraciones de las temporadas de helada en los sitios en los cuales se va a utilizar el concreto, se tiene en cuenta que dicho agregado no es adecuado para la condición de unas exposiciones previas. Por el contrario, si son mayores, se toma en



cuenta que los concretos no serán vulnerables a los períodos de congelamientos y deshielos.

Los tiempos requeridos para hacer los ensayos de expansión pueden ser mayores que los requeridos para realizar unos ensayos de acuerdo a la norma (ASTM C 666, 2003). Así mismo, los resultados son muy sensibles a los contenidos de la humedad de los concretos y el agregado. A pesar de la inconveniencia, la mayor parte de estos resultados de los ensayos parecen prometedores, aunque cierta organización continúa haciendo uso de los ensayos conforme a las norma ASTM C 666 (2003) puede que se concluya que los resultados obtenidos sean acordes con la norma ASTM C671 -94 (2003) en verdad resultaría de grande utilidad. Si hay registro de servicios y el resultado del ensayo existente indica que unos determinados agregados naturales sean inaceptables, estos se pueden estar mejorando eliminando la partícula liviana, blanda o cuya calidad no sean aceptables desde otros puntos de vista.

2.3.1.5. Curado

Siempre y cuando no existan fuentes de humedades externas, los concretos con aire incorporado deberían soportar el efecto del congelamiento apenas alcance una resistencia a la compresión de aproximadamente 500 psi (3,45 MPa). A temperaturas de 50°F (10°C), la mayor parte del hormigón adecuadamente dosificado alcanza estas resistencias durante el segundo día, antes de ser expuestos a unos congelamientos prolongados en una condición de saturaciones críticas (ASTM C 666, 2003). El concreto debe lograr una dureza a la compresión de aproximadamente 4000 psi (27,6 MPa). Se recomiendan unos períodos de secado posteriores a los curados. Para la condición de exposiciones moderadas el concreto debe estar alcanzando una resistencia de 3000 psi (20,7 MPa) (Kleiger, 1956)

2.3.1.6. Temperatura del Agua de Mezclado

De todos los materiales que se usan para las producciones del concreto, el agua es el que más rápido logra calentarse. La masa del agregado y cemento en el concreto son mucho mayores que la masa del agua, en cambio, el agua logra almacenar 5 veces más calor que el cemento y los agregados con las mismas masas. Para el cemento y el agregado, el calor específico promedio (o sea, unidades de calor necesarias para aumentar la temperatura en 1°C por kg (lb) de material) se puede asumir como 0.925 kJ 1734 (0.22 Btu) y para el agua es 4.187 kJ (1.0 Btu).

Donde:

$$T_{cf} = \frac{0.22(T_a P_a + T_c P_c) + T_w P_w}{0.22(P_a + P_c) + P_w} \dots\dots\dots (1)$$

T_{cf} = Temperatura del concreto fresco (°C)

T_a = Temperatura de los agregados (°C)

P_a = Peso seco de los agregados (Kg)

T_c = Temperatura del cemento (°C)

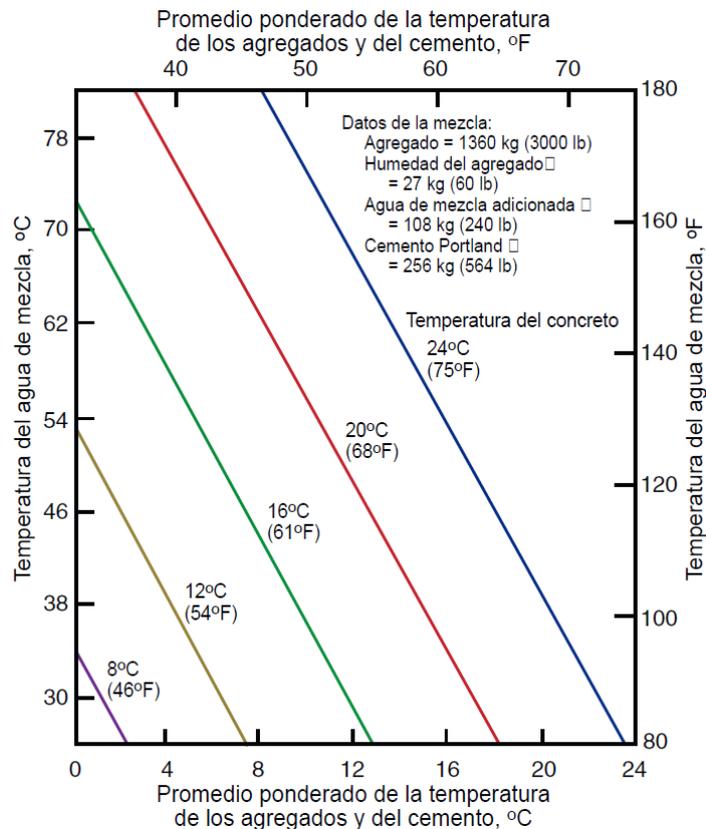
P_c = Peso del cemento (Kg)

T_w = Temperatura del agua (°C)

P_w = Peso del agua (Kg)

T_{cf} = la temperatura del concreto fresco en °C, T_a , T_c , T_w = temperaturas en °C de los agregados, cemento, agua de mezcla y humedad libre en el agregado, respectivamente. P_a , P_c , P_w = peso en kg del agregado, cemento, agua de mezcla en el agregado, respectivamente. Si los promedios ponderados de las temperaturas de los agregados y cemento son mayores que 0°C, se puede seleccionar las temperaturas adecuadas para el agua de mezcla, para obtener la temperatura requerida del concreto. Los rangos de la temperatura de los concretos en el gráfico corresponden a los valores recomendados de las líneas 1, 2 y 3 de la tabla 5.

Figura 4: *Temperaturas del agua requeridas para producir un concreto*



Fuente: (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Para que se eviten las posibilidades de fraguados rápidos o relámpagos de los concretos, cuando el agua o el agregado se calienta a una temperatura mayor que 38°C deben combinarse con agua antes de las adiciones del cemento.

Si se siguen estas secuencias de carga en la mezcla, se puede utilizar temperatura de agua hasta los puntos de ebullición, desde que el agregado esté lo suficientemente frío para que reduzcan las temperaturas finales de las mezclas para menos de 38°C.

Se debe evitar la fluctuación de las temperaturas del agua de unas cantidades a las otras. La temperatura del agua de mezclas se puede ajustar con las mezclas de agua caliente y agua fría.



2.3.2. Requisitos para el Concreto en Clima Frío Según la Norma E 060

Para los fines de esta norma se consideran como ambientes fríos a aquel que, en algunos momentos del vaciado, las temperaturas ambientales puedan estar por debajo de 5° C durante los procesos de colocación. Se tomará también las siguientes prevenciones:

- a) El concreto debe ser fabricado con aire incorporado, conforme a lo detallado en el Capítulo 4.
- b) Deberán poseer en obras equipos adecuados para calentar el agua y los agregados, así como para proteger el concreto cuando la temperatura ambiental este inferior a 5° C.
- c) En los casos que usen los concretos de altas resistencias, los tiempos de protección no serán menores de 4 días.
- d) Todo el material integrante de los concretos, así como la barra de refuerzos, materiales de rellenos y suelos con los cuales los concretos han de estar en contacto deberá ser libre de nieve, granizo y hielo.
- e) El material congelado, así como aquel que tiene hielo, no deberá ser empleado. Cuando las temperaturas del medio ambiente son menores de 5° C, las temperaturas de los concretos ya colocados deberán ser mantenidas sobre los 10°C durante los periodos de curado.

Se tomará precauciones para mantener el concreto dentro de las temperaturas requeridas sin que se produzca perjuicios debido a las concentraciones de calor. No se utilizará dispositivo de combustión a lo largo de las primeras 24 horas, a menos que se tome precaución para que se eviten las exposiciones de los concretos a gas que contenga bióxido de carbono.



2.3.2.1. El Clima en la Región Puno

La temperatura en la región Puno a lo largo de todo el año es baja para aquellos lugares que están ubicados por encima de los 3800 m.s.n.m., que conforme al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI (2021), la temperatura más baja se presenta en Mazocruz (-23,4°C) y la menos baja en Huaraya-Moho (-4.4°C); a estos fenómenos de temperatura extrema se le conoce como heladas, que es inferior a 0°C Manarelli (1988) estudió la helada meteorológica, descubriendo como consecuencia que las zonas cercanas a los lagos muestran retrasos en las apariciones de la primera helada (5 de mayo), comparado a la zona más alejada; igualmente adelantos en las apariciones de la última helada (27 de octubre) y mayores períodos libres de helada por las acciones termo-reguladoras de los lagos. SENAMHI (2021) señala que los estudios de las informaciones climatológicas indican que a lo largo de todo el año perduran los peligros de helada.

Para esta investigación, la ciudad de Puno tiene un clima semi-seco y muy frío, presentándose la primera helada en el mes de mayo, pero no es tan baja como en las ciudades que están en la misma altitud sobre el nivel del mar; esto debido a las acciones termo-reguladoras del Lago Titicaca.

2.3.2.2. Evaluación de la Temperatura Máxima y Mínima en la Ciudad de Puno

En la ciudad de Puno, la temperatura durante todo el año y precisamente en los meses de junio, julio y agosto son las más bajas, lo que no permite que se realice un óptimo trabajo en la construcción de obras, debido a que esta temperatura se presenta inclusive bajo cero, por lo que en lo que se refiere al trabajo con concreto se debe tomar todas las precauciones del caso.

Figura 5: Variación de la temperatura mensual del distrito de José Domingo. Ch.

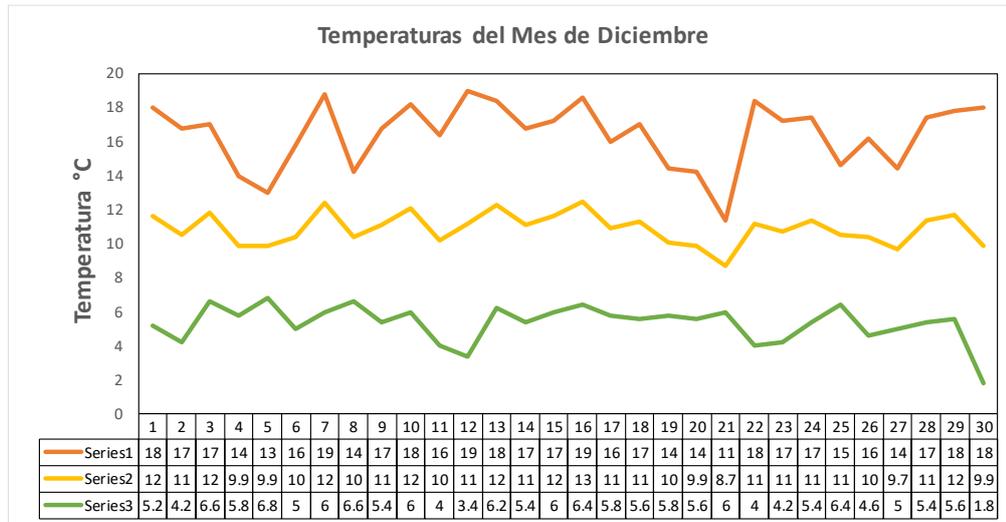
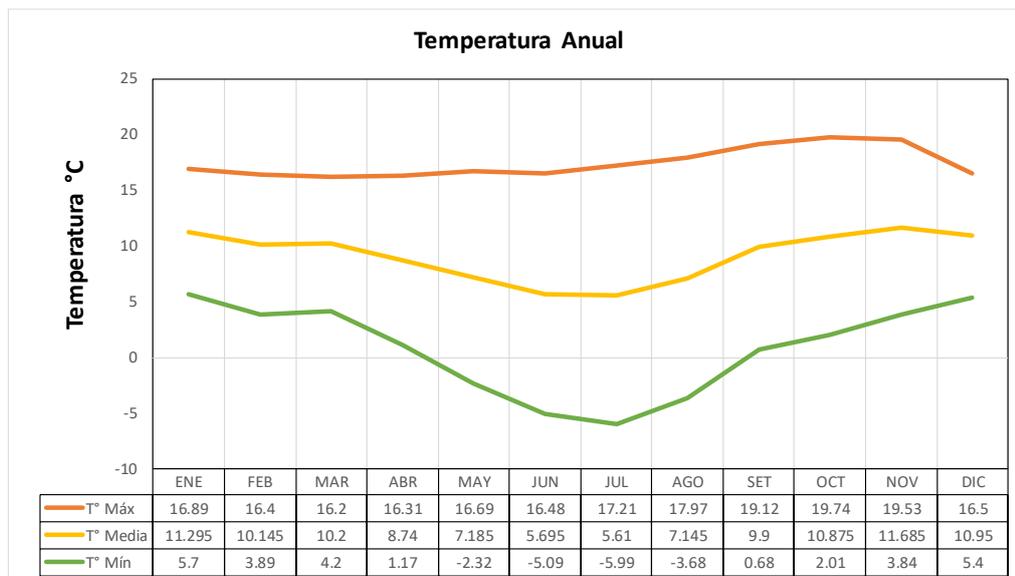


Figura 6: Variación de la temperatura anual del distrito de José Domingo Ch.



Se tiene conocimiento que, para el desarrollo normal de resistencia en el tiempo, los concretos deben ser curados con relación a las temperaturas de al menos 10°C, lo cual como ya se mencionó en la zona son aún menores, registrándose la más baja temperatura en el mes de julio, tal como se aprecia en la figura 6.

De la figura 5 se observa que las temperaturas más bajas registradas en el mes de noviembre fueron de 4°C y las máximas de 19°C, observándose a lo largo del mes una



helada de ligera a moderada intensidad (SENAMHI, 2021). Por último, en los meses de febrero, marzo y abril la temperatura máxima promedio supera en más de 0.5°C a la temperatura máxima promedio en tiempo de heladas.

2.4. CONCEPTOS Y TÉRMINOS TERMODINÁMICOS FUNDAMENTALES

2.4.1. Temperatura

Según A.Cengel & Boles (2012) las temperaturas son magnitudes que reflejan los niveles térmicos de los cuerpos (sus capacidades para ceder energías caloríficas) y el calor es la energía que pierden o ganan en algunos procesos (son unos flujos de energía entre dos cuerpos que está a diferente temperatura).

Los niveles térmicos son los niveles de movimientos, comparando estos niveles térmicos se sabe hacia dónde fluye el calor. La temperatura refleja los niveles térmicos de los cuerpos e indican los sentidos en que fluyen los calores.

2.4.2. Presión

Según A.Cengel & Boles (2012) define la presión de un fluido como las fuerzas por unidades de área que ejercen los líquidos perpendiculares a dichas áreas. Por lo tanto, se puede establecer que la presión es directamente proporcional a las fuerzas e inversamente proporcional a las áreas.

$$\text{Presión} = \text{Fuerza} * \text{Superficie} = \text{Newton} * \text{m}^2 = \text{Pascal} \dots\dots\dots (2)$$

2.4.3. Equilibrio de Fases

Para que un sistema este equilibrado, los potenciales químicos de las sustancias constituyentes deben ser los mismos en todas las partes de estos sistemas. Si hay varias fases presentes, los potenciales químicos de los elementos deben ser los mismos valores en todas las fases en las cuales aparecen las sustancias.

2.4.4. *Diagrama de Fases*

En termodinámica y ciencias del material se denominan diagramas de fases a las representaciones gráficas de la frontera entre los diferentes estados de la materia de un sistema, en funciones de la variable elegida para que faciliten los estudios de los mismos. Cuando en la representación de todas las fases corresponde a un estado de integración diferente se suelen denominarse diagramas de cambios de estados. En la ciencia del material se utiliza el diagrama de fases binarias, en tanto que en termodinámica se emplea el diagrama de fases de las sustancias puras.

2.5. PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS PURAS

2.5.1. *Sustancia Pura*

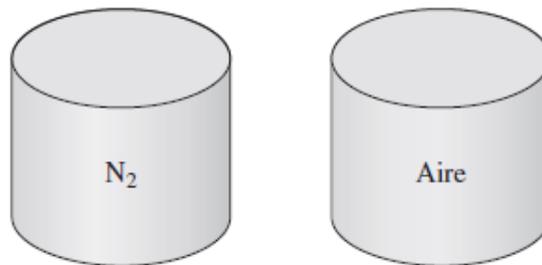
Las sustancias que tienen composiciones químicas fijas en cualquier parte se denomina **sustancia pura**. El nitrógeno, el agua, el helio y el dióxido de carbono, son sustancias puras.

Las sustancias puras no tienen que estar formadas por una sola partícula o compuesto químico. Son unas mezclas de varios de estas sustancias puras siempre que la mezcla sea homogénea. El aire, por ejemplo, es una mezcla de diversos gases, pero siempre se consideran como unas sustancias puras porque tienen unas composiciones químicas uniformes (figura 7). En cambio, las mezclas de aceite y agua no son unas sustancias puras, ya que los aceites no son solubles en agua, por lo que se acumulan en las superficies y se forma dos áreas químicamente diferentes.

Las mezclas de dos o más fases de unas sustancias puras se siguen considerando sustancias puras siempre que las composiciones químicas de la fase sean las mismas. Una mezcla de hielo y agua líquida, por ejemplo, son sustancias puras porque ambas fases tienen las mismas composiciones químicas. Sin embargo, una mezcla de aire líquido con otro gaseoso, no componen una sustancia pura debido a que las composiciones del aire

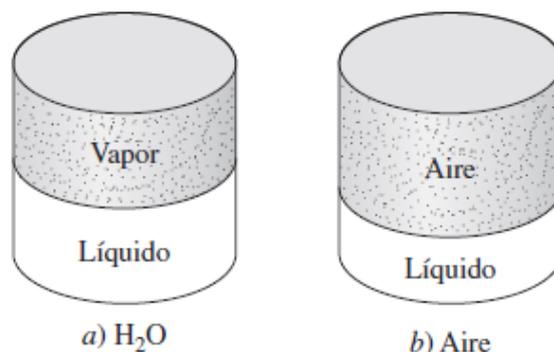
líquido son distintas a la del gaseoso y por lo tanto no son químicamente homogéneas. Esto se debe a que los diferentes elementos del aire tienen distinta temperatura de condensaciones a unas presiones especificadas.

Figura 7: *El nitrógeno y el aire gaseoso son sustancias puras*



Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

Figura 8: *La mezcla de agua líquida y gaseosa es una sustancia pura*



Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

2.5.2. Fases de una Sustancia Pura

Por experiencia se sabe que una sustancia existe en diferentes fases. A temperaturas y presiones ambientales el cobre es un sólido, el mercurio un líquido y el nitrógeno un gas, pero en condición distinta, estos podrían aparecer en distintas fases. Aunque son tres las principales, **sólida, líquida y gaseosa**, una sustancia puede tener diferente fase dentro de las principales, todas con distintas estructuras moleculares. Por ejemplo, los carbonos existen como grafitos o diamantes en las fases sólidas, el helio tiene dos fases líquidas y el hierro tres fases sólidas. A altas presiones, el hielo existe en siete



diferentes fases. Las fases tienen unas configuraciones moleculares distintas, son homogéneas en todas partes y está separada del resto de fases por una superficie frontera de identificación fácil.

Las dos fases del agua helada representan unos buenos ejemplos de esto. Al analizar dos ciclos o cambio de fases en termodinámica, no son necesarias que se ponga el interés en las estructuras moleculares y los comportamientos de fases distintas, pero si son muy útiles comprender este fenómeno molecular de cada fase. Seguidamente, se explican de manera corta la transformación de fases.

El enlace molecular es más fuerte en el sólido y más débil en el gas, debido en parte a que la molécula en el primero está más próxima entre sí, mientras tanto en los gases se encuentra separada por espacios aproximadamente grandes.

La molécula en un **sólido** está dispuesta en unos patrones tridimensionales que se repiten por todos los sólidos a razón de pequeñas distancias intermoleculares existentes en los sólidos, la fuerza de atracción mediante la molécula es grande y la mantiene en una posición fija. Esta fuerza de atracción entre moléculas se vuelve de repulsiones a medida que los espacios intermoleculares se aproximan a cero, los cuales evitan que la molécula se apile una sobre otra.

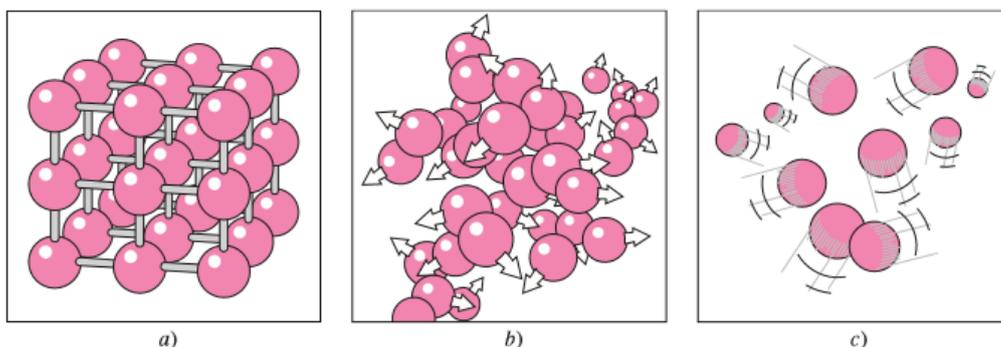
Aun cuando la molécula en un sólido permanece en unas posiciones relativamente fijas, oscila de formas continuas en relación a su posición de equilibrios. La velocidad de la molécula durante esta oscilación depende de las temperaturas: cuando estas son muy altas, las velocidades (y en consecuencias las cantidades de movimientos) alcanzan unos puntos donde la fuerza intermolecular disminuye de forma parcial y en el que los grupos de molécula se aparta (figura 9), estos son los comienzos de los procesos de fusiones.

Los espaciamientos moleculares en las fases **líquidas** son parecidos a las de las fases sólidas, salvo en que la molécula ya no está en posición fija entre si y puede girar y

moverse libremente en los líquidos, la fuerza intermolecular es más débil en relación con el sólido, pero sus fuerzas son mayores comparadas con las del gas. Por lo general los espacios entre moléculas experimentan unos ligeros incrementos cuando un sólido se vuelve líquido, pero el agua es una gran excepción.

En la fase **gaseosa**, la molécula está bastante apartada, las moléculas no están ordenadas, se mueve al azar y colisionan continuamente entre si y en contra la pared de los recipientes que la contienen. Su fuerza molecular es muy pequeña, particularmente a baja densidad y la colisión son los únicos modos de interacciones entre la molécula. En las fases gaseosas la molécula tiene unos niveles de energía considerablemente mayores que en los líquidos o los sólidos; por consiguiente, para que los gases se condensen o congelen deben liberarse ante grandes cantidades de energías.

Figura 9: Disposición de átomos en sus fases: a) sólido, b) líquida y c) gaseosa



Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

2.5.3. Diagrama de Propiedades para Procesos de Cambio de Fase

La variación que experimentan las propiedades durante el proceso de los cambios de fases se comprende mejor con el apoyo de los diagramas de propiedades. Seguidamente se construye y se analiza los diagramas P - T , P - V y T - V para las sustancias puras.



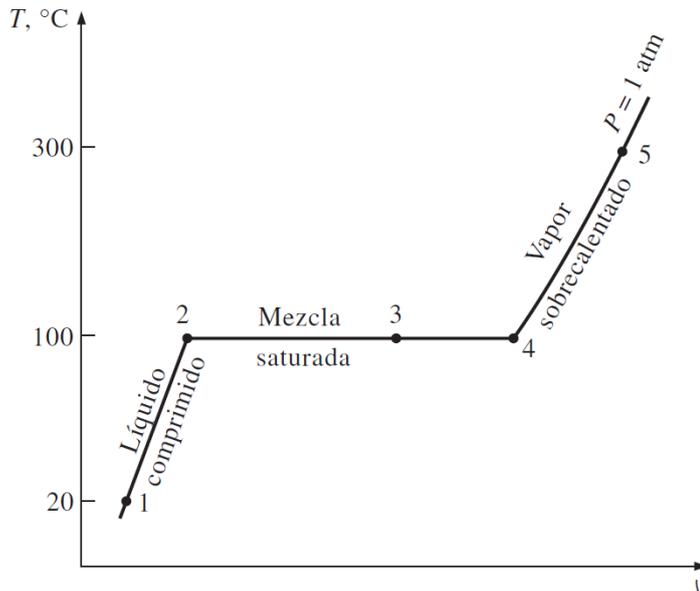
2.5.3.1. Diagramas de Temperatura vs. Volumen (T-V)

Los procesos de cambios de fases del agua a una presión de 1 atm se describen con más detalle en la figura 10, se mostró a través de un diagrama T - V . Entretanto se repiten estos procesos a diferente presión para hacer el diagrama T - V . Se coloca una pesa encima de un émbolo hasta que la presión dentro del cilindro alcanza 1 MPa, presión a lo que el agua mantendrá sus volúmenes específicos un poco más pequeños al que tenía cuando la presión era de 1 atm. A medida que se traslada el calor al agua bajo esta nueva presión, los procesos seguirán sus trayectorias muy similares a los procesos realizados con presión de 1 atm, como se muestran en la figura 10, tenemos también una diferencia notable: empezamos a 1 MPa el agua hierve a una temperatura mucho más alta (179.9 °C) y segundo, los volúmenes específicos de los líquidos saturados son más grandes y de los vapores saturados más pequeños que el valor correspondiente bajo la presión de 1 atm, es decir, que las líneas horizontales que conectan el estado de líquido y vapores saturados son más cortas.

Para los casos del agua, a medida que aumentan las presiones, estas líneas de saturaciones se acortan (figura 10) y se convierten en unos puntos cuando las presiones alcanzan el valor de 22.06 MPa. Estos puntos se llaman **puntos críticos** y se definen como los puntos en los que el estado de líquidos saturados y de vapores saturados son idénticos.

Las temperaturas, las presiones y los volúmenes específicos de las sustancias en los puntos críticos se llaman respectivamente, *temperatura crítica* T_{cr} , *presión crítica* P_{cr} y *volumen específico crítico* v_{cr} . Para el agua, las propiedades del punto crítico son $T_{cr} = 373.95$ °C, $P_{cr} = 22.06$ MPa y $v_{cr} = 0.003106$ m³/kg, Para el helio, estos valores son 0.23 MPa, -267.85 °C y 0.01444 m³/kg

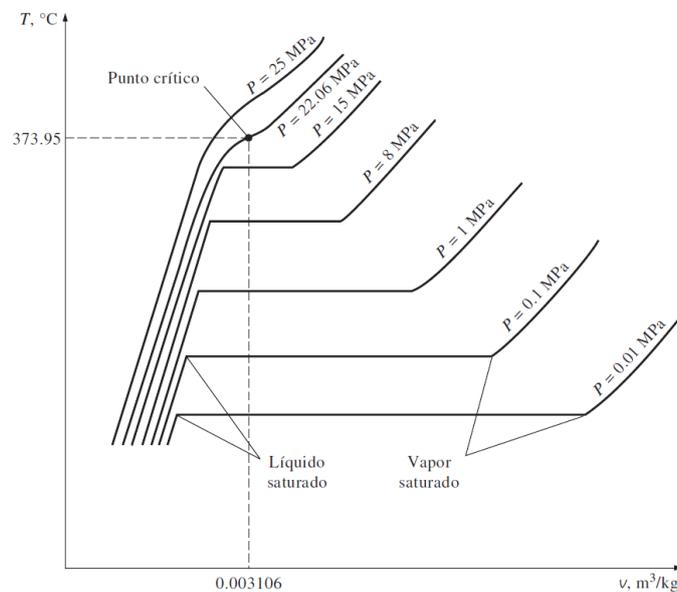
Figura 10: Diagrama $T-v$ para el proceso de calentamiento



Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

A una presión superior a las presiones críticas no hay procesos distintos de cambios de fases, pero los volúmenes específicos de las sustancias aumentan de manera constante y en cada instante solo se encuentran presentes unas fases. Al final se asemejan a los vapores, pero no se podrán manifestar cuando ocurren los cambios. Por encima de los estados críticos no existen líneas que separen la región de líquidos comprimidos y vapores sobrecalentados, pero es frecuente que se llamen a las sustancias vapores sobrecalentados a una temperatura superior a las críticas y líquidos comprimidos cuando están por debajo de éstas.

Figura 11: Diagrama T - V de procesos de cambio de fase a presión constante



Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

El estado de líquidos saturados que se presenta en la figura 10 puede activarse a través de unas líneas llamadas **líneas de líquidos saturados** y el de vapores saturados a través de las **líneas de vapores saturados**. Estas 2 líneas van unidas en los puntos críticos formando un punto máximo en la curva (figura 11), mientras que todo el estado de los líquidos comprimidos se localiza en las regiones a la izquierda de las líneas de líquidos saturados, conocidas como **regiones de líquidos comprimidos** y el de vapores sobrecalentados se encuentra a la derecha de las líneas de vapores saturados, en las **regiones de vapores sobrecalentados**. En estas 2 regiones las sustancias existen en una sola fase, líquidas o vapores. Todo el estado que abarca las dos fases en igualdad se localiza bajo las curvas de saturaciones, en las llamadas **regiones de mezclas saturadas líquidos-vapores** o **regiones húmedas**.

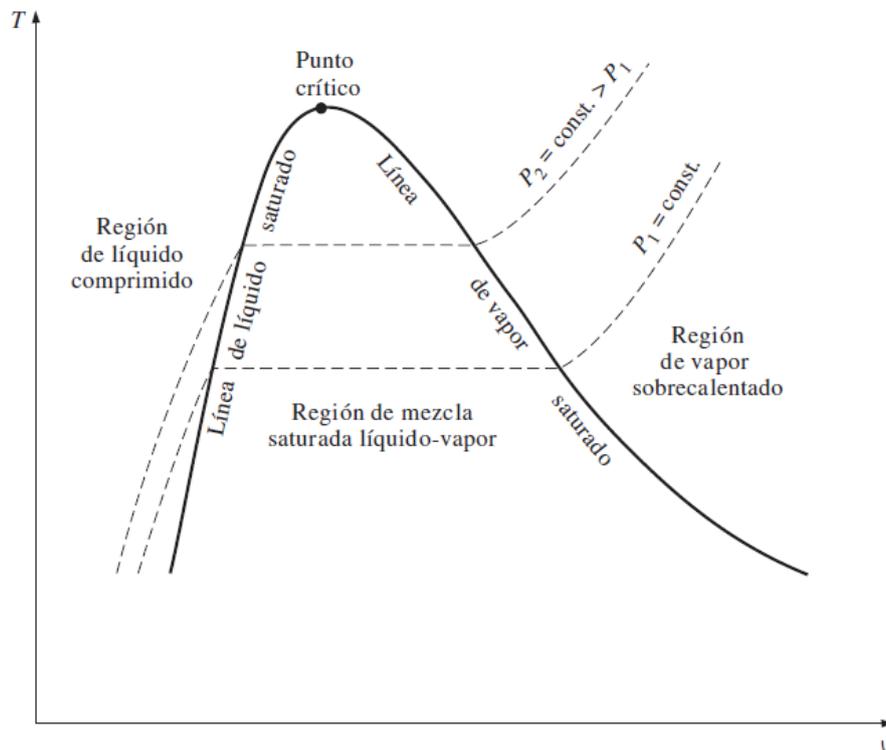
2.5.3.2. Diagramas de Presión vs. Volumen(P - V)

La estructura común del diagrama P - V de unas sustancias puras son similares a las del diagrama T - V , pero la línea de temperatura constante en estos diagramas presenta

una tendencia hacia abajo, como se muestra en la figura 12. Evaluar una vez más los dispositivos de cilindros-émbolos que tiene agua líquida a 1 MPa y 150 °C. En estos estados, el agua existe como líquidos comprimidos.

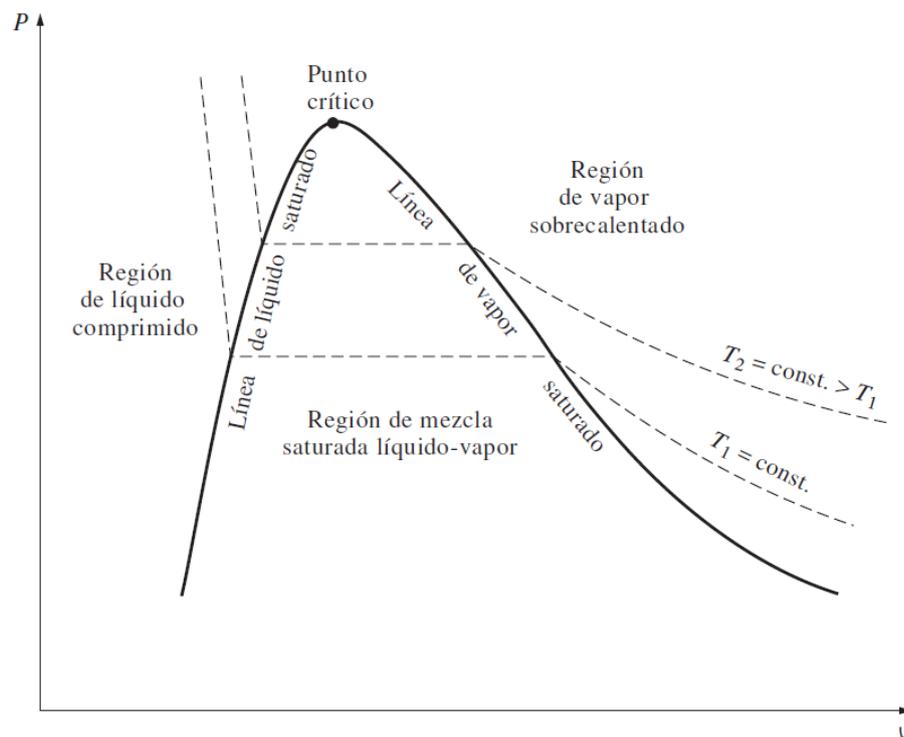
Se elimina una por una la pesa de las partes superiores de los émbolos, de modo que las presiones dentro de los cilindros disminuyan de a pocos y permitiendo que el agua intercambie su calor con el alrededor, de manera que sus temperaturas permanezcan constantes. A medida que disminuyen las presiones, los volúmenes del agua aumentan de a pocos y cuando la presión logra alcanzar los valores de saturación (0.4762 MPa) a las temperaturas especificadas el agua comienza a hervir.

Figura 12: Diagrama $T-v$ de una sustancia pura



Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

Figura 13: Diagrama P - V de una sustancia pura



Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

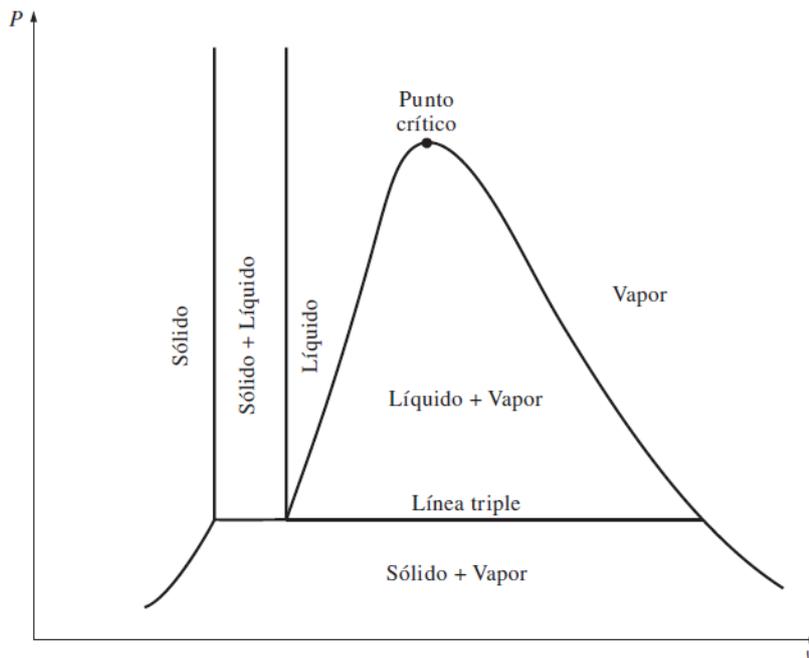
Durante estos procesos de evaporización, tanto las temperaturas como las presiones permanecen constantes, pero los volúmenes específicos aumentan. Una vez que se evaporan las últimas gotas de líquido, las reducciones adicionales en las presiones producen otros aumentos en los volúmenes específicos. Observen que durante los procesos de cambios de fases no se quitan ningunas de las pesas; si así se hicieran las presiones disminuirían y por conclusión también lo realizaran las temperaturas [puesto que $T_{\text{sat}} = f(P_{\text{sat}})$], por lo que los procesos ya no serían isotérmicos. Cuando los procesos se repiten para otra temperatura, se obtiene una trayectoria similar para el proceso de cambios de fases. Al ser conectado a través de unas curvas los estados líquidos saturados y vapores saturados, se obtienen los diagramas P - V de unas sustancias puras, como se muestra en la figura 13.

2.5.4. Ampliación de los Diagramas para Incluir la Fase Sólida

En los dos diagramas de equilibrio desarrollado hasta ahora se representan un estado de equilibrio en el que solo está presente las fases líquidas y de vapores. En cambio, es factible que se amplíe este diagrama para que incluyan a los sólidos, así como a la región de saturaciones sólidos-líquidos y sólidos-vapores. El principio básico analizado juntamente con los procesos de intercambios de fases líquidos-vapores se aplica del mismo modo al de los sólidos-líquidos y sólidos-vapores. La mayor parte de la sustancia se contrae a lo largo de procesos de solidificaciones (es decir, congelaciones), pero otras, como el agua, se expande cuando se congela.

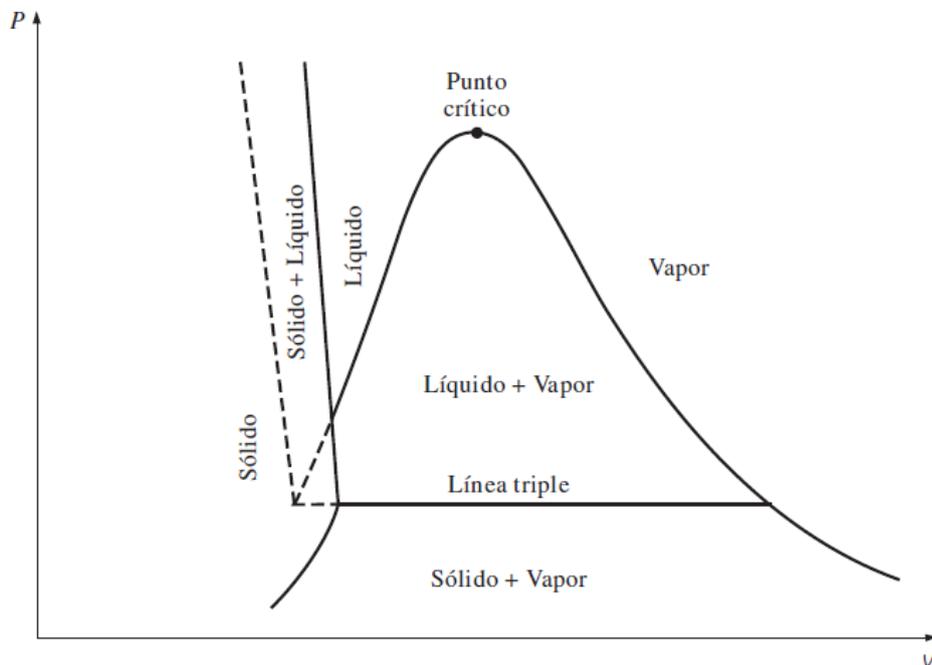
Los diagramas P - V para los dos grupos de sustancias se muestra en las figuras 12 y 13 y los dos diagramas difieren solo en las regiones de saturaciones sólidos-líquidos. Los diagramas T - V son muy similares al diagrama P - V , en particular para una sustancia que se contrae cuando se congela.

Figura 14: Diagrama P - V de una sustancia que se contrae al congelarse



Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

Figura 15: Diagrama P-V del agua que se expande al congelarse



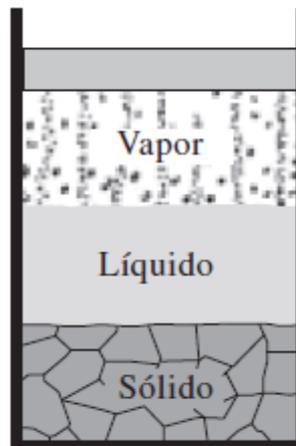
Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

La acción de que el agua se expanda al ser congelada tiene consecuencia vital en la naturaleza, como acontece con la mayoría de las sustancias, los hielos formados serían más pesados que las aguas líquidas y se asentarían al fondo del río, lago u océano, en lugar de que floten en las superficies.

Los rayos de sol jamás alcanzarán esta capa de hielo y el fondo de algún río, lago y océano se cubriría con hielo casi todo el tiempo, los cuales afectarían gravemente la vida marina.

Dos fases que están en equilibrio son algo muy familiares, pero en alguna condición las tres fases de unas sustancias puras además coexisten en igualdad ver figura 16.

Figura 16: Una sustancia a la presión y temperatura en el punto triple



Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

En los diagramas P - V o T - V , este estado de tres fases forma unas líneas llamadas **líneas triples**. El estado que se encuentra por encima de las líneas triples de unas sustancias tiene las mismas presiones y temperaturas, pero diferente volumen específico. Dichas líneas aparecen como unos puntos encima del diagrama P - T , por consiguiente, se denominan **puntos triples**. La temperatura y presión de diferentes sustancias en estos puntos se presenta en la tabla 6. Para el agua las temperaturas y presiones de los puntos triples son $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 0.617 kPa respectivamente.

Se dice que, las tres fases del agua existen en igualdad solo si las temperaturas y las presiones contienen justamente este valor. Ninguna de las sustancias puede existir en las fases líquidas en equilibrios estables a presiones menores que la de los puntos triples. Lo mismo ocurre con las temperaturas de sustancia que se contrae al ser congeladas. En cambio, la sustancia que se encuentra a una elevada presión existe en la fase líquida a una temperatura menor que la de los puntos triples; como el agua, que no pueden existir en formas líquidas en equilibrios a presiones atmosféricas y a una temperatura inferior a 0

°C, pero existen como un líquido a 20 °C y 200 MPa de presiones. También, el helio existe en 7 fases sólidas diferentes a presión superior a 100 MPa.

Tabla 6: *Temperaturas y presiones del punto triple de varias sustancias*

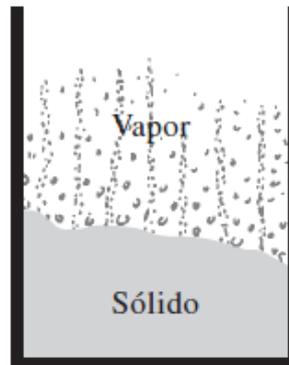
Sustancia	Fórmula	T_{tp} , K	P_{tp} , kPa
Acetileno	C ₂ H ₂	192.4	120
Agua	H ₂ O	273.16	0.61
Amoniaco	NH ₃	195.40	6.076
Argón	A	83.81	68.9
Carbón (grafito)	C	3 900	10 100
Cloruro de hidrógeno	HCl	158.96	13.9
Deuterio	D ₂	18.63	17.1
Dióxido de azufre	SO ₂	197.69	1.67
Dióxido de carbono	CO ₂	216.55	517
Etano	C ₂ H ₆	89.89	8×10^{-4}
Etileno	C ₂ H ₄	104.0	0.12
Helio 4 (punto λ)	He	2.19	5.1
Hexafluoruro de uranio	UF ₆	337.17	151.7
Hidrógeno	H ₂	13.84	7.04
Mercurio	Hg	234.2	1.65×10^{-7}
Metano	CH ₄	90.68	11.7
Monóxido de carbono	CO	68.10	15.37
Neón	Ne	24.57	43.2
Nitrógeno	N ₂	63.18	12.6
Óxido nítrico	NO	109.50	21.92
Óxido nitroso	N ₂ O	182.34	87.85
Oxígeno	O ₂	54.36	0.152
Paladio	Pd	1 825	3.5×10^{-3}
Platino	Pt	2 045	2.0×10^{-4}
Titanio	Ti	1 941	5.3×10^{-3}
Xenón	Xe	161.3	81.5
Zinc	Zn	692.65	0.065

Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

Existen dos formas en que las sustancias puedan pasar de las fases sólidas a las de vapor, ya sea que se fundan primero en unos líquidos y luego se evaporen, o que se evaporen directo sin que se hayan fundido antes. El último caso ocurre a presión inferior a los valores de los puntos triples, ya que unas sustancias puras no pueden existir en las fases líquidas a esa presión (figura 17). Los pasos directos de las fases sólidas a las de vapores se denominan sublimación. Para la sustancia que tiene las presiones de puntos triples superiores a las presiones atmosféricas, como el CO₂ sólidos (hielo seco), las

sublimaciones son las únicas maneras de que cambien de las fases sólidas a las de vapores en condición atmosférica.

Figura 17: A presiones bajas (inferiores al punto triple), los sólidos se subliman

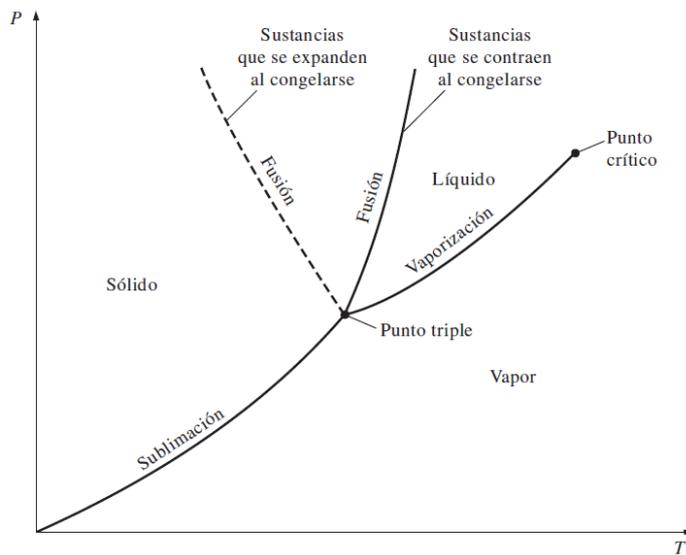


Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

2.5.4.1. Diagramas de Presión vs Temperatura (P-T)

En la figura 18 se ilustra el diagrama $P-T$ de unas sustancias puras, los cuales se conocen como **diagramas de fases** porque las tres fases están separadas entre sí por tres líneas: las de sublimaciones separan a la región sólida y de vapores, las de evaporaciones dividen a las regiones líquidas y de vapores, las de fusiones separan la región sólida y líquida. Estas tres líneas concurren en los puntos triples, donde las tres fases coexisten en igualdad. Las líneas de evaporaciones finalizan en los puntos críticos porque sobre estos no son posibles que se distinguen la fase líquida y de vapores. La sustancia que se expande y contrae al ser congelada difiere solo en las líneas de fusiones en el diagrama $P-T$.

Figura 18: Diagrama P - T de sustancias puras



Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

2.5.4.2. Diagramas de Superficie (P - V - T)

Los estados de las sustancias simples compresibles se determinan a través de dos características intensivas independientes a cualquiera una vez que ya han sido fijadas las dos propiedades, todo lo demás se vuelve dependiente. Como algunas ecuaciones con dos variables independientes en la forma $z = z(x, y)$ representa una superficie en los espacios, es factible que representen los comportamientos P - V - T de unas sustancias como unas superficies en los espacios, como se emplea en la figura 19, en las que T y

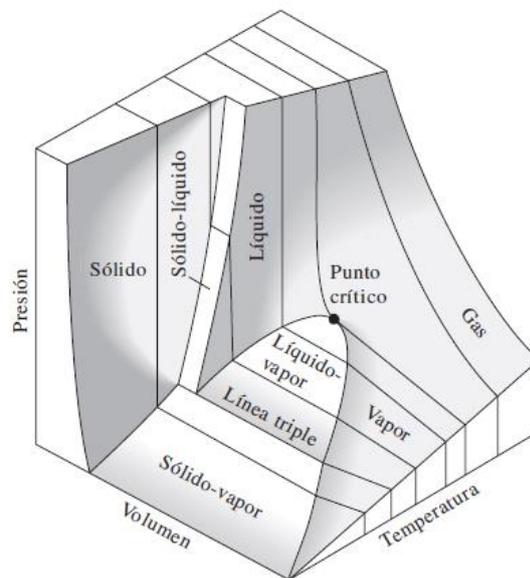
V podría evaluarse como la variable independiente (la base) y P las variables dependientes (la altura).

Todo el punto encima de las superficies representa un estado de equilibrio. La totalidad del estado de las trayectorias de los procesos de cuasi equilibrio reposan sobre las superficies P - V - T , ya que tales procesos deben estar pasando por un estado de equilibrio.

La región de una sola fase aparece como una superficie curva sobre las superficies $P-V-T$, mientras que la de dos como superficie perpendicular a los planos $P-T$. Esto es de esperarse porque la proyección de la región de dos fases sobre el plano $P-T$ es Línea.

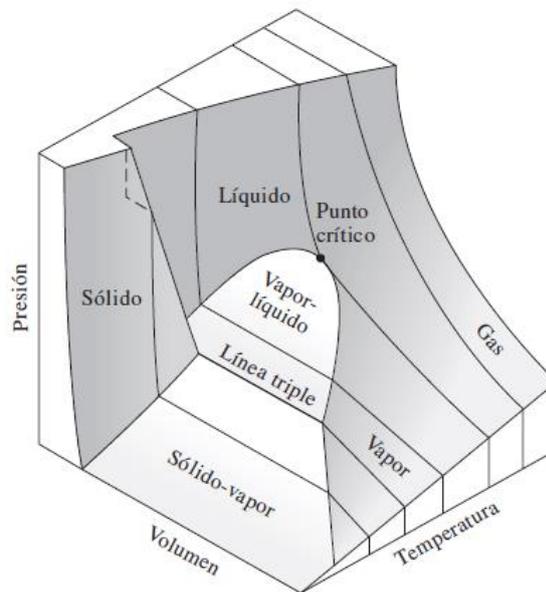
El diagrama bidimensional expuesto hasta ahora es proyección de estas superficies tridimensionales sobre el plano apropiado. Un diagrama $P-V$ es solo unas proyecciones de las superficies $P-V-T$ sobre los planos $P-V$, mientras que el diagrama $T-V$ son unas proyecciones de vistas desde arriba de estas superficies. La superficie $P-V-T$ presenta de inmediato unas grandes cantidades de informaciones, pero en unos estudios termodinámicos son más convenientes que se trabaje con un diagrama bidimensional, como los diagramas $P-V$ y $T-V$.

Figura 19: Superficie $P-V-T$ de una sustancia que se contrae al congelarse



Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

Figura 20: Superficie P-V-T del agua que se expande al congelarse



Fuente: (A.Cengel & Boles, 2012)

2.6. EL CONCRETO

El concreto es un material formado por las mezclas en una cierta proporción de cemento, agua, agregado y opcionalmente aditivo, que al inicio tiene un comportamiento plástico, moldeable y luego adquieren una consistencia rígida con una propiedad aislante y resistente, lo que hace que sea un material ideal para la construcción.

A partir de este material, se pueden obtener productos híbridos, que conjugando en mayor o menor grado las características de sus componentes bien proporcionados, aportan una o varias propiedades que constituyen materiales que manifiestan comportamientos particulares y originales.

En conclusión, para optimizar el empleo de estos materiales, se debe conocer no solo la manifestación de los productos resultantes, sino también la del componente y sus interrelaciones, ya que son en primera instancia lo que le confiere sus particularidades.

Como algunos materiales se contraen al bajar las temperaturas, se dilatan si éstas aumentan, se ven afectadas por una sustancia agresiva y se rompen si son sometidos a un

esfuerzo que supera su posibilidad, por lo que responden perfectamente a la ley física y química, (Pasquel Carbajal, 1998).

Figura 21: *Componentes del concreto: cemento, agua, agregado fino, grueso*



Fuente: (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

2.6.1. Tipos de Cemento

Cuando la proporción de los componentes del cemento se cambia, varía los comportamientos de los concretos hidratados, es por eso que se generan varios tipos de cemento para una necesidad específica. La tabla 7 nos presenta un resumen de los tipos de cemento Portland existentes.

El cemento Portland puzolánico está definido según las normas, como el cemento que se obtiene por las pulverizaciones conjuntas de unas mezclas de clinker portland y puzolanas con las adiciones eventuales de sulfato de calcio, admitiendo las adiciones de otro producto que no exceda del 1% en peso del total, siempre que las normas correspondientes establezcan que sus inclusiones no afectan a la propiedad de los cementos resultantes. Todo el producto adicionado deberá ser pulverizado en conjunto con el clinker.

Tabla 7: Principales tipos de cemento Portland

Tipo	ASTM	Descripción
Tipo I	C 150-84	Portland común.
Tipo II	C 150-84	Portland con moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.
Tipo III	C 150-85	Portland de endurecido rápido.
Tipo IV	C 150-86	Portland de bajo calor de hidratación.
Tipo V	C 150-87	Portland resistente al sulfato.
Tipo VI	C 595-83a	Portland puzolánico de 15 a 40% de puzolana

Fuente: Normas ASTM, 150

Las puzolanas empleadas en las fabricaciones de cemento son aquellos materiales que poseen una propiedad puzolánica; entendida como la capacidad para fijar los hidróxidos de calcio a las temperaturas ambientales, desarrollándose con la presencia de agua, compuesto que posee una propiedad hidráulica que debe cumplir con el requisito de la norma (NTP:334.090, 2013)

La puzolana puede ser natural (roca opalina, esquisto, ceniza volcánica, pumita, etc.), materiales calcinados (el anterior nombrado y algunos como la arcilla y esquisto más común) y materiales artificiales (óxidos de silicios precipitados y ceniza volante).

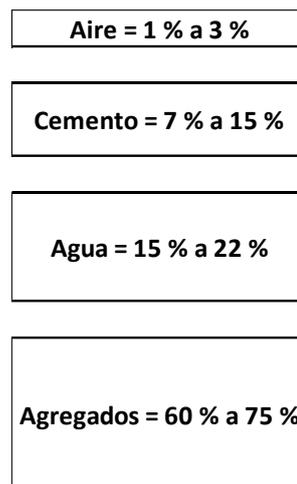
2.6.2. Componentes del Concreto

Las tecnologías para los concretos modernos definen para estos materiales 4 elementos: cemento, agua, agregado y aditivo como un elemento activo y el aire como elemento pasivo.

Si bien las definiciones tradicionales consideraban al aditivo como un elemento opcional, en la práctica moderna constituye un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrado la conveniencia de su empleo en *mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad*, siendo al final una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipos de colocaciones, compactaciones, mantenimientos, reparación e inclusive en reducciones de la utilización de cemento.

Se ha establecido conceptualmente la necesidad de conocer a profundidad la propiedad del componente de los concretos, pero deben ser puntualizados de todos aquellos, los que ameriten los conocimientos especiales como son los cementos. Si se analiza la figura 22, en que se esquematiza la proporción típica en volúmenes absolutos del componente de los concretos, se concluye que los cementos son los ingredientes activos que intervienen en menores cantidades, pero sin embargo son los que definen la tendencia de los comportamientos, por lo que es obvio que se necesita profundizar en estos aspectos que están muy ligados a la reacción química que acontece al ingresar en contacto con el agua y el aditivo (Pasquel Carbajal, 1998)

Figura 22: *Proporciones típicas de los componentes del concreto*



Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

2.6.2.1. El Cemento y sus Principales Compuestos

Se define como cemento al material pulverizado, que posee las propiedades que, por adiciones en ciertas cantidades convenientes de agua, forma unas pastas conglomerantes capaces de endurecerse tanto bajo el agua como al aire y forma un compuesto estable. Queda excluida de estas definiciones la cal hidráulica, la cal aérea y el yeso (Rivva Lopez, Diseño de Mezclas, 2010)

A lo largo de los procesos de fusiones de la materia prima que han de dar origen al clinker, se forman los silicatos cálcicos, aluminato cálcico y ferrito de composiciones complejas, de ello el componente básico del cemento es el silicato cálcico. Las fórmulas de composiciones de los cuatro agregados primordiales, así como las formas abreviadas del mismo se observan en la tabla 9

Los porcentajes relativos de los cuatro agregados primordiales norman la propiedad del cemento Portland. Dichos porcentajes dependen de las proporciones relativas entre

las cales y el componente ácido-sílice, alúminas y óxidos férricos también conocidas como factor hidráulico.

Tabla 8: *Compuestos principales del cemento*

COMPUESTO	FÓRMULA
SILICATO TRICALCICO :	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_3\text{S}$
SILICATO BICALCICO :	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_2\text{S}$
ALUMINATO TRICALCICO :	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{C}_3\text{A}$
FERRROALUMINATO TRICALCICO :	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{C}_4\text{AF}$

Fuente: Rivva López, 2004

Generalmente se permite que el porcentaje límite del compuesto principal este dentro del valor registrado en la tabla 8, porcentaje del compuesto del cemento.

Este compuesto, denominado potencial, no es el verdadero compuesto en el sentido químico pues no se encuentra aislado sino en una fase en las que contiene alguna impureza, en cambio, la proporción calculada de este compuesto revela valiosas informaciones en cuanto a la propiedad del cemento.

Tabla 9: *Porcentaje de los compuestos del cemento*

Fórmula	Porcentaje
C3S :	30% a 60%
C2S :	15% a 37%
C3A :	7% a 15%
C4AF :	8% a 10%

Fuente: Rivva López, 2004

2.6.2.1.1. Silicato Tricálcico (C_3S)

También denominado “alita”, son las fases principales en la mayoría de los clinker portland y se componen de 73.7% de cal y 26.3% de ácido silícico. Estos compuestos presentan un cristal poligonal bien formado, con dimensión que varía según los grados de cristalizaciones, siendo bien desarrollado cuando las cocciones han tenido lugar a las temperaturas lo suficiente elevadas y durante mucho tiempo, así como en presencia de unas cantidades adecuadas de fases líquidas.

El silicato tricálcico contribuye de forma muy importante a la resistencia inicial, siendo su velocidad de hidratación alta, así también desarrolla un alto calor de hidratación, se considera que su calor de hidratación completa en 120 cal/gr. Experimentalmente han sido comprobados que el concreto elaborado con cemento con mayores porcentajes de silicatos tricálcicos presenta unas mejores acciones al ciclo de hielo deshielo. Se propone su utilización en zonas de clima frío, dado su alto calor de hidratación, por tanto, no en construcciones masivas por las bajas estabilidades volumétricas que se puede producir.

2.6.2.1.2. Silicato Bicálcico (C_2S)

También llamado “belita”, es la segunda fase en consideración en el clinker y se compone de 65.1% de cal y 34.9% de ácidos silícicos. Estos compuestos presentan cristal relativamente ancho, de contorno redondeado y tamaños variables.



El silicato bicálcico tienen unas lentas velocidades de hidrataciones y desarrollos de calor bajo 62 cal/gr, debido a sus lentas velocidades de endurecimiento, la contribución del silicato bicálcico a la resistencia inicial es muy pequeña, siendo sus efectos posteriores fuente principal de resistencia. Sus estabilidades químicas son muy buenas, por lo que la utilización del cemento con altos contenidos de silicato bicálcico, para que se produzca concreto resistente a los ataques de sulfato, son muy recomendables.

2.6.2.1.3. Aluminato Tricálcico (C_3A)

El aluminato tricálcico se compone de 62.3% de cal y 37.7% de alúmina. Estos compuestos presentan unos colores oscuros ante el estudio microscópico del clinker, luego del álcali, el aluminato es el compuesto de los cementos que primero reacciona con el agua. Sus fraguados ocurren a una velocidad de hidratación muy elevada, hasta llegar al punto de ser casi instantáneos, es por tal motivo que las adiciones de sulfato de calcio se hacen necesarias para que se controle estas velocidades de hidratación.

Tanto la resistencia del concreto a ciclos de hielo y deshielo, así como su resistencia a los ataques de sulfato tienden a disminuir según se incrementan los contenidos de aluminatos tricálcicos en el cemento. Los aluminatos tricálcicos son muy sensibles a las acciones de sulfato y cloruro debido a las formaciones de sal del tipo sulfoaluminatos y cloroaluminatos, la formación de esta sal es de carácter expansivo, logrando originarse agrietamientos y desintegraciones de los concretos. Las formas de ataques son por reacciones de los sulfatos de calcio con los hidroaluminato tricálcicos proveniente de las hidrataciones de los aluminatos tricálcicos, beneficiando las formaciones de los llamados bacilos del cemento químicamente sulfoaluminatos de calcio hidratado, estos compuestos son las causas de la forma más peligrosa de corrosiones de los concretos. Se recomienda contenidos máximos de aluminatos tricálcicos del orden de 7%.

2.6.2.1.4. *Ferroaluminato Tetracálcico (C₄AF)*

El ferro aluminato tetracálcico se compone de 46.1% de cal, 21% de alúmina y 32.9% de óxido de hierro. También es llamado celita clara o ferrito. Estos compuestos presentan un calor de hidratación de 100 cal/gr y una alta estabilidad química. El cemento rico en estos compuestos tiene condición de empleo específico en todos aquellos casos en que importe más la durabilidad.

2.6.2.2. **Agregados**

El agregado representa las mayores cantidades en volumen del concreto, deben ser seleccionados adecuadamente y deben tener granulometrías uniformes. Se clasifica en agregado grueso y agregado fino y es obtenido por lo general en formas naturales y artificiales.

El agregado como el elemento inerte de los concretos es aglomerado por las pastas de cementos para que formen las estructuras resistentes. Ocupan alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes del volumen total, después la calidad de éste, tiene importancia primordial en los productos finales. Las distribuciones volumétricas de la partícula tiene gran trascendencia en los concretos para obtener estructuras densas y eficientes, así como la trabajabilidad adecuada (Pasquel Carbajal, 1998) propiedad física del agregado.

Granulometría: Es la división por tamaño de la partícula de agregados. Ellos se logran dividiendo los materiales por procedimientos mecánicos usando tamiz de abertura cuadrada determinada. Los agregados estarán graduados dentro del límite indicado en las normas (NTP:400.037, 2018) ó (ASTM:C33/C33M-13, 2011).

Módulo de Fineza: Los módulos de fineza son índices de los mayores o menores grosores de los conjuntos de partícula de los agregados. Se definen como las sumas del porcentaje acumulado retenido en la malla de 3", 1½", ¾", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, divididas entre 100.



El agregado que presenta módulos de fineza bajo indica preponderancia de la partícula más fina con áreas superficiales totales muy altas, las que serán necesarias para que se cubra con pastas.

Tamaño máximo: Según la norma NTP:400.037 (2018) los tamaños máximos de los agregados gruesos son los que corresponden a los menores tamices por lo que pasan las muestras de agregados gruesos. Los tamaños máximos de los agregados gruesos se determinan a partir de un estudio por tamiz en general, se aceptan que son los que corresponden a los tamices inmediatamente superiores a aquellos en los cuales queda 15% o más de materiales acumulados retenidos.

Tamaño máximo nominal: De acuerdo a la norma NTP:400.037 (2018) se entienden a los que corresponden a los menores tamices de las series utilizadas que producen los primeros retenidos. Los tamaños máximos nominales de los agregados no deberán ser mayores de:

- Un quinto de las menores dimensiones entre una cara del encofrado
- Un tercio de los peraltes de la losa
- Tres cuartos de los espacios libres mínimos entre una barra o alambre individual de refuerzos

Peso específico: El peso específico del agregado que se expresa también como densidades, según la norma NTP:400.022 (2013) se definen como las relaciones de las masas (peso en aire) de una unidad de volumen de materiales con respecto a una masa de agua de los mismos volúmenes, a temperaturas determinadas y expresadas en las siguientes formas:

- Peso específico de masa. Se relaciona a los volúmenes del material sólido, incluidos todos los poros.



- Peso específico de masa saturado superficialmente seco. Se relaciona al volumen de los materiales cuando todo el poro de los agregados está lleno de agua.
- Peso específico aparente. Se relaciona al volumen de los materiales sólidos, incluido el poro impermeable, aunque no el capilar.

Absorción: Se nombran así a las relaciones de disminuciones de masas respecto a las masas de las muestras secas y se determinan midiendo las disminuciones de las masas de unas muestras saturadas y de superficies secas luego de secarlas en un horno durante 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Peso Unitario: Se nombra peso unitario de los agregados al peso que alcanza unos determinados volúmenes unitarios, ya sean sueltos o compactados, es el peso de los agregados que se requieren para llenarse unos recipientes con unos volúmenes unitarios especificados.

El peso unitario varía con los contenidos de humedad. En los agregados gruesos el incremento en los contenidos de humedad incrementa los pesos unitarios. En los agregados finos el incremento más allá de las condiciones de los saturados superficialmente secos pueden disminuir el peso unitario, debido a que las películas superficiales de agua originan que la partícula esté junta favoreciendo las compactaciones con aumento en el volumen y disminución del peso unitario. La importancia es mayor si los diseños de mezcla se realizan por volúmenes.

La norma NTP:400.017 (2016) reconoce dos grados: suelto y compactado.

Contenido de Humedad: Son las cantidades del agua absorbidas más las cantidades del agua superficiales con que cuentan los agregados en unos momentos dados. Permiten controlar las cantidades de agua requeridas por los diseños de mezcla.

El estado de humedad de los agregados puede estar comprendido dentro de las condiciones siguientes:

- Seco, que son aquellas condiciones en las que todas las humedades, tanto internas como externas, se han perdido en general por calentamiento a 100 °C.
- Semi seco o secado al ambiente, que son aquellas condiciones en las cuales no hay humedades superficiales sobre la partícula, pero todo el poro dentro de ella está lleno de agua.
- Saturado o húmedo, que son aquellas condiciones en que los agregados se encuentran saturados y con agua libre o superficiales sobre la partícula.

Los contenidos de humedad o agua total de los agregados son las diferencias entre los estados actuales de humedad de los mismos y los estados secos.

2.6.2.2.1. Clasificación de los Agregados por su Gradación

Agregados Finos: Se determina como agregado fino a la arena o piedras naturales finamente trituradas, de dimensión reducida y que pasa el tamiz 3/8" (9.5mm) y que cumple con el límite establecido con la norma de agregado, especificaciones normalizada para agregado en concreto (NTP:400.037, 2018)

Tabla 10: *Límites de la granulometría del agregado fino*

MALLA	% QUE PASA
3/8"	100
Nro 4	95 - 100
Nro 8	80 - 100
Nro 16	50 - 85
Nro 30	25 - 60
Nro 50	10 - 30
Nro 100	2 - 10

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP:400.037, 2018)

2.6.2.3. Agregados Gruesos

Es el agregado que queda retenido en el tamiz N° 4 (4.75 mm) procedente de las desintegraciones naturales o mecánicas de la roca y que cumple con el límite establecido

al huso 56 y las normas (NTP:400.037, 2018) ó (ASTM:C33/C33M-13, 2011). Los agregados gruesos pueden ser gravas o piedras chancadas como se muestra en la tabla 12.

2.6.2.4. El Agua

El agua conforma el elemento preponderante en la elaboración del concreto, gracias a las importantes funciones que cumple a lo largo de los estados plásticos, los procesos de fraguado y los estados endurecidos.

Su relación en las mezclas para concreto no solo es importante en cuanto a las relaciones a/c, depende de la necesidad de resistencias y trabajabilidades, además es de fundamental importancia tomar en cuenta las calidades químicas y físicas del agua a emplear en las mezclas (Garcia Calderon, 2010).

La norma peruana NTP:339.088 (2014) que el agua de mezcla usada en las producciones del concreto de cemento Portland considera aguas aptas para las preparaciones y curados del concreto, aquel cuyo contenido y sustancia disuelta está comprendido dentro de los límites especificados en la tabla 11.

Tabla 11: *Límites permisibles de contenidos y sustancias disueltas*

DESCRIPCIÓN	LÍMITES PERMISIBLES
Solidos en Suspension	5000 ppm Máximo
Materia Orgánica	3 ppm Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	100 ppm Máximo
Sulfatos (Ion SO ₄)	600 ppm Máximo
Cloruros (Ion CL)	1000 ppm Máximo
PH	5 a 8 Máximo

Fuente:(NTP:339.088, 2014).

Tabla 12: Requisitos granulométricos del agregado grueso

Huso	Tamaño Maximo Nominal	Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso Porcentaje que pasa por los Tamices Normalizados													
		100mm 4 pulg.	90 mm 3 1/2 pulg.	75 mm 3 pulg.	63 mm 2 1/2 pulg.	50 mm 2 pulg.	37.5 mm 1 1/2 pulg.	25.0 mm 1 pulg.	19.0 mm 3/4 pulg.	12.5 mm 1/2 pulg.	9.5 mm 3/8 pulg.	4.75 mm Nro 4	2.36 mm Nro 8	1.18 mm Nro 16	300 mm Nro 50
1	90mm a 37.5mm	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 15	-	-	-	-	-	-
2	63mm a 37.5mm	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 5	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50mm a 25.0mm	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 15	-	-	-	-	-	-
357	50mm a 4.75mm	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-	-
4	37.5mm a 19.0mm	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	-	-	-	-	-
467	37.5mm a 4.75mm	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	10 a 30	0 a 5	-	-	-	-
5	25.0mm a 9.5mm	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25.0mm a 9.5mm	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	-	-	-	-
57	25.0mm a 4.75mm	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	0 a 10	0 a 5	-	-	-
6	19.0mm a 9.5mm	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	-	-	-
67	19.0mm a 4.75mm	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12.5mm a 4.75mm	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	-	-	-
8	9.5mm a 2.36mm	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	0 a 10	0 a 5	-	-
89	9.5mm a 1.18mm	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	5 a 30	0 a 10	0 a 5	-
9	4.75mm a 1.18mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	0 a 10	0 a 5	-

Fuente: (Rivva Lopez, Diseño de Mezclas, 2010)



2.6.2.4.1. Agua de Mezclado

Se define como las cantidades de agua por volúmenes unitarios de concretos que requieren los cementos, contenidos en estos volúmenes unitarios, para que se produzca una pasta eficientemente hidratada, con una fluidez que permita lubricaciones adecuadas del agregado cuando las mezclas se encuentran en estados plásticos (Sanchez D., 2001)

El agua de mezclado es aquel que se adiciona junto con el agregado y el cemento que, dependiendo de su cantidad, será posible que se obtengan una fluidez definida de la pasta de cemento. Al endurecer la pasta de cemento, una parte del agua se queda fija como parte de la estructura y otra parte permanece como agua libre, en términos generales, estas dos formas básicas de agua presente en las pastas hidratadas se conocen como aguas de hidratación, las cuales forman parte químicamente del gel de cemento y agua evaporable, que corresponde al agua restante que existen en las pastas, evaporable a 0% de humedades relativas del ambiente y a 110°C. En estudio más profundo, lo normal se menciona: el agua de absorción, conocidas como aguas activas debido a sus influencias directas en los comportamientos de los concretos bajo carga; las aguas capilares, las cuales ocupan el poro capilar de las pastas y las aguas libres, las cuales pueden vaporizarse con facilidad.

2.6.2.4.2. Agua de Curado

Por definición los procesos de curados hacen referencias al conjunto de condiciones como humedades y temperaturas, requeridas para las hidrataciones no interrumpidas de las pastas hasta que el total del cemento sea hidratado permitiendo así que los concretos alcancen su propiedad potencial. Los objetivos principales de los procesos de curados son entonces los de mantener los concretos lo más próximos posibles a las saturaciones, permitiendo que el espacio inicial saturado por agua, sea ocupado por



el producto derivado de las hidrataciones del cemento, conocidos por lo común como “gel” (Garcia Calderon, 2010).

La pureza del agua de curados debe ser considerada con los fines de que se evite una impureza que pueda ocasionalmente arremeter o deteriorar los concretos.

2.6.2.4.3. Ensayos del Agua

Se cuenta con ensayos ya estandarizados para ser medido y determinado las calidades del agua a ser utilizada en las mezclas de concreto, como los siguientes:

- Calcios y magnesios en el agua, normas (NTP:339.088, 2014), (ASTM:C1602/C1602M, 2012).
- Cloruros, norma (NTP:339.076, 2017),(ASTM:D512-89, 2015)
- Sulfatos, norma (NTP:339.076, 2017),(ASTM:D512-89, 2015)
- PH del agua, norma (NTP:339.088, 2014), (ASTM:D1239-14, 2014)
- Acidez y alcalinidad, norma (NTP:339.088, 2014)(ASTM:D1067, 2009)
- Partículas y materia disuelta en el agua, normas (NTP:339.071, 2009), (ASTM:D1888-78, 2011)

2.6.3. Concreto Fresco

Es aquel concreto que recién se prepara cuyos estados son plásticos y moldeables, en los cuales no se producen los fraguados ni los endurecimientos y adoptan las formas de los encofrados.

Las propiedades a largo plazo de los concretos (resistencia, estabilidad de volumen y durabilidad) son afectadas por los grados de compactación, siendo esencial que la consistencia o manejabilidad del concreto fresco sea tal que pueda compactarse adecuadamente, ser transportado, colocado y acabado con las facilidades suficientes para que no se segreguen, los cuales perjudican las compactaciones.

2.6.3.1. Trabajabilidad

Se definen a las mayores o menores dificultades de mezclado, transporte, colocación y compactación de los concretos. Sus evaluaciones son relativas, ya que los concretos que pueden ser manejables bajo cierta condición de colocaciones, no necesariamente resultan así si dicha condición cambia (Pasquel Carbajal, 1998).

Los métodos tradicionales para medir la manejabilidad ha sido desde hace algunos años el “Slump” o asentamientos con los conos de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a las propiedades de los concretos, por lo tanto, se debe tener ideas claras sobre qué son las pruebas de uniformidades que den manejabilidades, pues es fácil que se demuestre que se pueda alcanzar concretos con igual Slump, pero no manejabilidades notablemente diferentes para la misma condición de trabajo.

Tabla 13: *Consistencia de la mezcla de concreto*

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0" a 2"	Poco Trabajable	Vibración Manual
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración Ligera
Fluida	Mayor a 5"	Muy Trabajable	Chuseado

Fuente: (Abanto Castillo, 1995)

2.6.3.1.1. Pruebas de Trabajabilidad

Desafortunadamente no existen pruebas aceptables que midan las manejabilidades tales como han sido definidas. El método proporciona unas medidas aplicables solo en referencias a los métodos específicos que se empleen. En cambio, tiene aceptación y sus méritos principales residen en la facilidad de operaciones, con las capacidades que detecten una variación en las uniformidades de las mezclas de proporción nominal específica. Dentro de esta prueba tenemos a la prueba de penetración de la esfera de Kelly.



2.6.3.2. Consistencia

Están definidos por los grados de humedecimientos de las mezclas, dependen por lo general de la cantidad de agua usada.

Estos ensayos de consistencia, llamados también como revenimiento o “slump test”, son utilizadas para caracterizar los comportamientos de los concretos frescos. Estas pruebas desarrolladas por Duft Abrams, fueron adoptadas en 1921 por ASTM y revisadas finalmente en 1978.

Los ensayos consisten en consolidar unas muestras de concretos frescos en los moldes troncocónicos y medir los asientos de unas mezclas después de ser desmoldados.

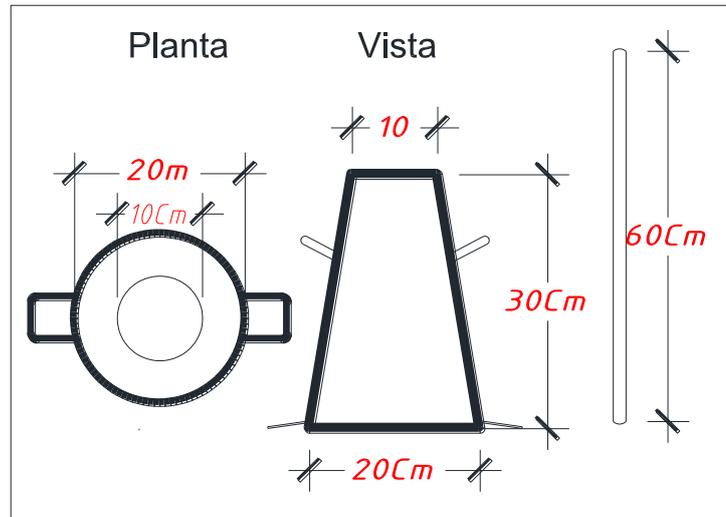
Los comportamientos de los concretos en las pruebas indican sus consistencias, es decir sus capacidades para adaptarse a los encofrados o moldes con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos.

Las consistencias se modifican por variación de los contenidos del agua de mezcla.

2.6.3.2.1. Prueba de Revenimiento ó Slump

Según la norma NTP:339.035 (2009) los moldes para las pruebas de revenimientos son unos conos truncados de 305 mm (12”) de altura, la base de 203 mm (8”) y las aberturas superiores de un diámetro de 102 mm (4”) que se colocan por encima de unas superficies planas. Los recipientes se llenan con concretos en tres capas, cada uno de ellos apisonadas 25 veces con una varilla de acero estándar de 16 mm (5/8”) de diámetros redondeadas en los extremos. En las superficies superiores se van eliminando, enrasando y haciéndose rodar unas varillas. Los moldes deben quedarse firmes sujetos a sus bases durante todas las operaciones; estos se facilitan poniendo una abrazadera soldada.

Figura 23: Características del Cono de Abrams



En una mezcla pobre con tendencias a las asperezas, los desplomes pueden cambiar fácilmente al cortante o incluso colapsar, y puede obtenerse valores muy diferentes de revenimientos en varias muestras de las mismas mezclas; luego las pruebas no son confiables con una mezcla pobre (Neville & Brooks, 1998).

2.6.3.3. Exudación

Se definen como los ascensos de unas partes del agua de las mezclas hacia las superficies como consecuencia de las sedimentaciones del sólido.

Estos fenómenos se presentan en un momento, luego de que los concretos han sido colocados en los encofrados.

La exudación logra ser efecto de una mala dosificación de las mezclas y de exceso de agua, del uso de aditivos y de las temperaturas, que a mayores temperaturas mayores son las velocidades de exudación.

Las exudaciones son perjudiciales para los concretos, pues como conclusión de estos fenómenos las superficies de conexión durante las colocaciones de unas capas sobre



otras, pueden estar disminuyendo su resistencia debido a los incrementos de las relaciones a/c en estas zonas.

Como beneficio de los ascensos de unas partes del agua de mezclados, se pueden estar obteniendo concretos porosos y pocos durables.

2.6.3.4. Segregación

Son propiedades de los concretos frescos, que implican la descomposición de estas en sus partes constituyentes, o lo que es lo mismo, las separaciones de los agregados gruesos de los morteros.

Son unos fenómenos perjudiciales para los concretos, produciéndose en los elementos llenados, bolsón de piedras, capa arenosa, cangrejera, etc.

Las segregaciones son funciones de la consistencia de las mezclas, siendo los riesgos mayores cuanto más húmedas están y menores cuanto más secas están. En los procesos de diseños de mezcla, es necesario que se tenga siempre presente los riesgos de segregaciones, pudiendo disminuirse estos, a través de los aumentos de finos (cemento o agregado fino) y de las consistencias de las mezclas.

Por lo general el proceso inadecuado de manipulaciones y colocaciones es la causa de los fenómenos de segregaciones en la mezcla. Las segregaciones ocurren cuando parte de los concretos se mueven más rápido que los concretos adyacentes, por ejemplo, los traqueteos de la carretilla con rueda metálica tienden a producirse que los agregados gruesos se precipiten al fondo mientras que las "lechadas" ascienden a las superficies. Cuando se sueltan los concretos de una altura mayor de $\frac{1}{2}$ metro los efectos son semejantes.

Además, se produce segregación cuando se permite que los concretos corran por una canaleta, máxime si esta presenta cambio de direcciones, así como por el excesivo vibrado del concreto.

2.6.4. Resistencia a la Compresión del Concreto Endurecido

Las resistencias de los concretos a las compresiones son consideradas como las características más importantes y valiosas, aun en algunos es otra, como las durabilidades, impermeabilidades y estadidades de volúmenes, las que pueden ser importantes. Por lo tanto, las resistencias a las compresiones suelen ser los panoramas más generales de calidad de los concretos, por estar directamente relacionadas con las estructuras de las pastas del cemento (Neville & Brooks, 1998).

Las resistencias de los concretos son definidas como los máximos esfuerzos que pueden ser soportados por dichos materiales sin que se rompa. Puesto que los concretos están destinados por lo principal a que se tome un esfuerzo de compresiones, son las medidas de sus resistencias a dicho esfuerzo, las que se utilizan como índices de su calidad.

2.6.4.1. Factores que Afectan a la Resistencia

La resistencia de los concretos depende por lo general de las concentraciones de las pastas de cemento, que se acostumbran a expresarse por lo principal en un término de las relaciones a/c en peso.

Además, afectan los mismos factores que influyen en la característica resistente de las pastas, como son las temperaturas y los tiempos, aunado a otro elemento adicional constituido por los tipos y características resistentes del cemento por lo principal que se usen y de las calidades del agregado, que complementa las estructuras de los concretos. El factor indirecto, pero no por eso menos importante en las resistencias, lo constituyen los curados, ya que son los complementos de los procesos de hidratación sin los cuales no se llega a desarrollar por completo la característica resistente del concreto (Pasquel Carbajal, 1998).



2.6.4.2. Desarrollo de la Resistencia a la Compresión

Para que se obtenga concreto de buena calidad, luego de los mezclados, les siguen los curados adecuados durante la primera etapa de su endurecimiento. En la tabla 14 se muestran las relaciones entre las resistencias de los concretos a determinadas edades y su resistencia a los 28 días.

Tabla 14: *Relación entre la resistencia del concreto en diferentes etapas*

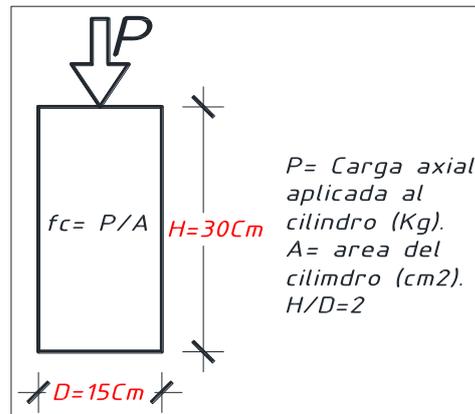
Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 año	5 año
$f'c(t)/f'c$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

Fuente: (Harmsen, 2002)

2.6.4.3. Pruebas de Resistencia a la Compresión

Se realizan mediante los ensayos de unos cilindros estándar, cuyas alturas deberán ser siempre los dobles de los diámetros. Los especímenes deben permanecer en los moldes 20 +/- 4 horas después de los vaciados y posterior deben ser curados bajo agua hasta los momentos de los ensayos. Los procedimientos estándar requieren que las probetas tengan 28 días de vida para ser ensayadas, por lo tanto, estos periodos pueden cambiarse si se especifican, durante las pruebas los cilindros son cargados a ritmos uniformes de 2.45 Kg. /cm²/s. Las resistencias a las compresiones ($f'c$) se definen como los promedios de las resistencias, como mínimo, dos probetas tomadas de las mismas muestras probadas a los 28 días, según NTP:339.034 (2015) norma de métodos de ensayos para los esfuerzos a las compresiones de muestra cilíndrica de concretos.

Figura 24: Esquema prueba de compresión axial



2.7. EL CONCRETO PREMEZCLADO

Se llama así según norma NTP:339.114, Concreto premezclado (2012) a los concretos que se preparan en unas plantas dosificadoras o en unas plantas con mezcladores centrales, que se transportan y suministran directo a las obras en camión premezcladora y en estado fresco.

Los concretos premezclados son el material más versátil en las industrias de las construcciones hoy en día. Las obras grandes de estructuras como los puentes, edificios altos y represas requieren del más alto estándar de ingeniería. Con la ayuda de aditivos, los concretos son capaces de satisfacer dicho estándares y nuevas tecnologías como concretos de altas resistencias, concretos permeables, concretos auto-consolidables y las aplicaciones de colores y texturas han ido aumentando los atractivos de los concretos como materiales de construcción.

Aplicable a todo tipo de concretos premezclados, de los básicos a los de muy alta resistencia, los amplios rangos de aditivo mejoran las retenciones de asentamientos, las colocaciones, bombeos, acabados, apariencias y en general las características de desempeños que se requieran.

Figura 25: *Colocación del Concreto Premezclado en Obra*



Fuente: (Home - Unicon Web, 2017)

Figura 26: *Colocación del concreto premezclado en frío*



Fuente:(Home - Unicon Web, 2017)



La industria de los concretos premezclados tienen amplios auges en los países desarrollados, en los cuales la casi totalidad o mayores producciones de concretos se producen en central de mezclas. En nuestro medio, sus campos de acción son importantes y han acertado en altas tecnologías y calidades.

2.7.1. Control de Componentes

Todos los proveedores de concretos premezclados, antes de decidir los usos de las fuentes de agregados pétreos, deben determinar las diversas características físicas como: peso específico, absorción, humedad y composición granulométrica. Luego de ser aceptado, se debe seguir con el ensayo periódico para que vuelvan a evaluarse que esa misma característica perdure al recibirse un nuevo material y aseguren la homogeneidad del concreto a lo largo de todos los procesos de elaboración.

Su almacenamiento se ha de realizar con un método adecuado para que no se modifique la propiedad indicada. El control periódico sobre las humedades del diferente agregado que intervendrá en las preparaciones de los concretos es muy importante para que se consideren las posibles modificaciones de las relaciones a/c que intervienen en formas directas sobre las resistencias de los concretos.

El cemento además se controla a través del ensayo normalizado referente a las finuras, resistencias a las compresiones, tiempo de fraguados, etc., y con menor frecuencia se realiza el estudio químico, dado que en la actualidad se trata de materiales controlados por las industrias de los cementos y que son respaldados por protocolos de calidad. En los casos que se decidan emplear aditivo químico, se realiza un ensayo en el laboratorio de planta, lo que permite efectuar las mejores elecciones y dosificaciones del mismo conforme las mezclas de cementos y agregado que vayan a emplearse.



2.7.2. Dosificación por Volumen

Si se mezcla con pala o con revolvedoras uno o dos sacos de cemento, agregado pétreo, arena y alguna cubeta con agua, se obtienen concretos. A estos materiales preparados en obras solo se les puede exigir resistencias para estructuras de menor importancia con una resistencia a las compresiones bajas. Pero si se habla de una estructura compleja y con requerimiento especial se debe apuntar a un eficiente control de calidad, resistencia y durabilidad.

Algunas veces se cree que los determinados consumos de cemento por metros cúbicos de concretos aseguran resistencias a las compresiones especificadas en los proyectos. Pero esto, por lo general, traen aparejados elevados consumos de cemento en detrimento de las seguridades que proporcionan buenos estudios y controles de las dosificaciones más adecuadas para estos concretos que permitan optimizar sus costos.

2.7.3. Dosificación por Peso

Las dosificaciones de los concretos premezclados se realizan siempre por peso en la planta de premezclado. Los operadores de las plantas reciben del personal de laboratorio la dosificación final con la que deben trabajar, cuyo contenido está dentro del límite establecido por la norma en vigencia, determinando la humedad del material y asegurando de esta forma proporciones adecuadas de agregados gruesos y finos, los que redundarán en concretos más homogéneos, cohesivos en estados plásticos y más durables en estados endurecidos.

La balanza del reloj y la celda de carga que se emplea como sistemas de pesajes de la planta dosificadora se revisa y calibra diariamente, permaneciendo siempre una firmeza de dichos procedimientos. La cantidad utilizada en todas las entregas van quedando registrada en las partes de cargas emitidas por los sistemas de



automatizaciones, con la finalidad de que revisen que efectivamente se emplee la cantidad indicada en la dosificación y se lleva por delante los controles de stock del inventario.

Un aspecto destacable en la producción de concretos premezclados son los elementos humanos. La empresa premezcladora pone especial atención en la capacitación y experiencia de las personas encargadas del manejo de las plantas, manteniendo estos, por lo general, algunos años de experiencias en el medio. Es así que los encargados conocen a simple vista las trabajabilidades y cohesiones de los concretos que están produciendo y junto con los responsables del laboratorio de las plantas realiza el ajuste adecuado, si es necesario, para no alterar los contenidos de cemento y producir concretos de calidad.

Los controles de calidad sobre los productos terminados se realizan de forma rígida a través del muestreo en las plantas premezcladoras o en las obras mismas. decidiendo primero los revenimientos, las trabajabilidades, las cohesiones y las elaboraciones continuas de cilindros de ensayo para determinar las resistencias a las compresiones de los concretos.

Con el resultado obtenido de esta determinación se elaboran registros estadísticos para verificar las uniformidades y los cumplimientos de la norma en vigencia de los concretos premezclados (NTP:339.114, 2012).

2.7.4. Factores Importantes

- La ubicación de la obra, accesibilidad y relación con los entornos urbanos circundantes.
- La clase de concreto y los propósitos de la estructura.
- Requerimiento técnico.
- Calidad.
- Cantidades totales a ser producidas.

- Tipos y tamaños de todos los elementos estructurales.
- Disponibilidad de los concretos premezclados en los ámbitos locales.
- Tipos de contratos, diseños y construcciones, característica del cliente o constructores.

En una etapa próxima, se debe definir mediante los dos métodos, premezclados o hechos en obra, luego de unas evaluaciones cuidadosas de la opción comercial y técnica, a la vez con unos programas de tarea práctica y eficiente.

Si son consideradas las opciones de los concretos premezclados, se deben realizar estudios de costo. Depende de los contratos, se deberán tener en consideración si se requieren los concretos, por ejemplo, fuera del horario normal de trabajo, los que obligarán que se incluya un costo adicional, unido con la carga por tiempo de espera y de cargas. Para los casos de los concretos hechos in situ, las preparaciones son más onerosas y se vuelven más complejas. Comparadas con las opciones de los concretos premezclados, unas cantidades similares de materiales necesitan aun ser transportadas por carretera. Por lo tanto, los números de viaje se pueden reducir esencialmente si los materiales adecuados cumplen la norma respectiva. El transporte de agregado puede ser despachado fuera de la hora pico, evitando el tráfico y, con ello, la demora.

Tabla 15: Principales diferencias del concreto premezclado y en obra

Concreto premezclado	Concreto elaborado en obra
El operador de planta es un especialista en la elaboración del concreto.	La producción del concreto en obra es una actividad secundaria.
La producción industrial continua garantiza buena calidad y uniformidad.	En obra no se garantiza una buena calidad y uniformidad.
Control continuo de los insumos (agregados) para preparar las mezclas.	Control esporádico de los insumos o agregados o ausencia del mismo.

Control mediante toma y ensayos de cilindros de prueba, informes técnicos periódicos enviados al cliente.	Ausencia del control o control deficiente
Control sobre asentamiento, diseño de mezclas y mezclas especiales.	Ausencia del control de asentamiento y diseño de mezcla o control deficiente.

Fuente: (Supercon, 2019)

Tabla 16: *Velocidad y eficiencia de ejecución del proyecto*

Concreto premezclado	Concreto elaborado en obra
No se requiere el tiempo de instalación de la planta productora de concreto.	Generalmente se requiere de obras preliminares y tiempo de instalación del equipo de mezclado antes de iniciar la obra.
Las entregas se realizan en el lugar de vaciado a la hora y cuando se requieren.	Las entregas están limitadas al área de mezclado y a la capacidad del equipo instalado.
Culminación de la obra en el tiempo previsto por la gran capacidad de producción de concreto.	Pueden originarse retrasos por bajo rendimiento de la producción del concreto.

Fuente: (Supercon, 2019)

Tabla 17: *Uso eficiente del personal de la obra*

Concreto premezclado	Concreto elaborado en obra
Mediante una buena coordinación se permite que un menor número de obreros vacíe un mayor volumen de concreto.	El número de obreros así como la capacidad de los equipos deben adecuarse a los picos de vaciado.
No es necesario personal en obra para la elaboración y transporte de vaciado del concreto.	Cuando la demanda del concreto es baja el personal de mezclado y transporte del concreto es reasignado.

Fuente: (Supercon, 2019)

Tabla 18: *Equipos para el mezclado*

Concreto premezclado	Concreto elaborado en obra
Mayor precisión de los equipos con programas periódicos de calibración llevados a cabo por las empresas.	Ausencia de calibración o calibración Deficiente.
Elimina gastos de limpieza y mantenimiento.	Implica gastos de limpieza y mantenimiento.
Elimina retrasos por fallas ya que se dispone de equipos alternos.	Gran posibilidad de retrasos por falla de los equipos.

Fuente: (Supercon, 2019)

Tabla 19: *Conveniencia en el transporte*

Concreto premezclado	Concreto elaborado en obra
El concreto puede ser transportado a cualquier lugar donde sea posible el acceso a un camión.	Presenta dificultad de manejo del concreto entre la mezcladora y el lugar de vaciado.
En algunos casos los vaciados se pueden realizar a través de equipos de bombeo de concreto con el cual contamos, sin necesidad que el camión mezclador llegue hasta el sitio del vaciado.	En estos casos se deben realizar grandes inversiones en equipos de transporte y vaciado del concreto.

Fuente: (Supercon, 2019)

Tabla 20: *Espacio disponible en obra*

Concreto premezclado	Concreto elaborado en obra
No se requiere de espacio para el almacenaje de materias primas en obra (agregados, cemento, etc.) y para el mezclado.	Se requiere espacio para el almacenaje de materia prima y para el mezclado.

Fuente: (Supercon, 2019)



2.7.5. *Ventajas del Concreto Premezclado*

Entre las ventajas que poseen los concretos premezclados, sobre aquellos que se fabrican en obras, se puede señalar:

- a) Las capacidades de producción de las centrales de concretos premezclados son muy superiores a las instalaciones clásicas de producción en obra, de esta forma se incrementan las colocaciones diarias de concreto y disminuyen el plazo de ejecución.
- b) Los constructores pueden dedicarse a sus actividades fundamentales: las construcciones, sin aumentar trabajadores en vano.
- c) El precio del m³ de los concretos premezclados son completamente conocidos por los usuarios, mientras el precio de elaboración de los concretos producidos en obra son difíciles de conocer anticipadamente con exactitud.
- d) Ahorro en material de elaboración en depósitos y en gasto para el sustento del concreto en obra.
- e) Exactitud en las dosificaciones de mezclas y regularidades de comprobación de la materia prima y los concretos.
- f) Adecuados controles de calidad sobre los concretos suministrados.
- g) No se requieren espacios de almacenamiento para el agregado y el cemento en la obra.
- h) Supresión de desperdicio o fuga de material.
- i) Asesoramientos técnicos especializados sobre los aspectos relacionados con los usos o características del concreto.
- j) Mayor velocidad de colados y por conclusión avances en las terminaciones de las obras.
- k) Considerable avance en las tecnologías y los equipamientos.
- l) Adecuados controles de calidad sobre los concretos suministrados.



m) Provisiones del material componente con pesada controlada y precisa.

n) Disponibilidad de bombas de concreto para concreto bombeado.

2.8. ADITIVOS PARA EL CONCRETO

Los aditivos son aquellos componentes del concreto que, además del cemento Portland, del agua y del agregado, se adiciona a las mezclas inmediatamente antes o durante los mezclados. Los aditivos se logran clasificar conforme a su función, para mejorar las adherencias, a prueba de humedades, impermeabilizante, para lechada, formador de gases, anti-deslave, espumantes y auxiliar de bombeo de las formas siguientes:

1. Aditivo incorporador de aire
2. Aditivo reductor de agua
3. Plastificante (fluidificante)
4. Aditivo acelerador (acelerante)
5. Aditivo retardador (retardante)
6. Aditivo de controles de las hidrataciones
7. Inhibidor de corrosiones
8. Reductores de retracción
9. Inhibidor de reacciones álcali-agregado
10. Aditivo colorante
11. Aditivo diverso, tal como aditivo para que mejore las trabajabilidades (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

La tabla 21 muestra clasificaciones mucho más amplias del aditivo. Los concretos deben ser trabajables, fáciles de acabado, fuertes, durables y resistentes a los desgastes.

Esta calidad se puede obtener de forma fácil y económico con las selecciones del material adecuado, con el uso de aditivos (a excepción del inclusor de aire cuando es necesario).

Figura 27: *Aditivos líquidos, reductor de agua, incorporador de agua etc.*



Fuente: Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004

Las razones principales para la utilización de aditivos son:

1. Disminución de los costos de las construcciones de concreto.
2. Obtención de una cierta propiedad en el concreto de manera más efectiva que otras.
3. Mantenimiento de la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colado (colocación) y curado en condiciones de clima adverso.
4. Superación de cierta emergencia a lo largo de la operación de mezclados, transportes, colocaciones y curados. A pesar de esta consideración, se debe observar que ningún aditivo o en algunas cantidades se pueden considerar como sustitutos de las buenas prácticas de construcción. La eficacia de los aditivos depende de factores tales como: tipos, marcas, cantidades de los materiales cementantes, contenidos del agua, formas,



granulometrías, proporciones del agregado, tiempos de mezclados y temperaturas de los concretos.

Los aditivos para la utilización en concretos deben cumplir con las especificaciones presentadas en la tabla 21. La mezcla a ser ensayada, se debe producir con el aditivo y material usado en las obras a temperaturas y humedades previstas para las obras. De esta forma, se pueden observar la compatibilidad del aditivo y del material de la obra, así como el efecto del aditivo sobre la propiedad de los concretos endurecidos. Se deben usar las cantidades de aditivos recomendadas por los fabricantes o las cantidades óptimas determinadas para el ensayo de laboratorio.

2.8.1. El Aditivo Anticongelante

En condiciones de frío y hielo, el agua se congela e inhibe el proceso de hidratación del concreto. Sin aditivos, producir concreto con frío es un proceso lento y por tanto caro.

El resultado es un producto de baja calidad con:

- Una irremediable menor resistencia final y duración debido a la interrupción de la mezcla del cemento (lo que causa problemas de coste, seguridad y salud).
- Microrroturas y huecos causados por la formación de cristales de hielo que dañan el concreto. Esto hace que la superficie del concreto se agriete con muy poca presión.
- Descascarillado, que provoca desprendimiento de grandes lascas de la superficie que dejan agujeros o cráteres rodeados por una red de pequeñas rajaduras.

Evitar la congelación antes que el concreto alcance una resistencia de compresión utilizando un producto “anticongelante”, evita que el agua se congele antes de o durante el proceso de hidratación. Esto se puede realizar de dos formas:

1. Mediante la reducción del punto de congelación del agua con altas concentraciones de sales.

2. Mediante el aumento de la temperatura del concreto.

En el interior del concreto, incluídas las zonas exteriores cercanas a los moldes de encofrado, la temperatura tiene que ser de al menos 5 °C para garantizar la reacción y la disponibilidad de agua y como mínimo el concreto tiene que tener una resistencia antes de su congelación.

Tabla 21: *Aditivos de concreto según su clasificación*

Tipo de Aditivo y Normas	Efecto Deseado	Material
Reductor de agua y acelerador	Reducir en hasta 5% el contenido de agua y acelerar el fraguado	Véase reductor de agua (se añade acelerador)
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo E), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NTC 1299, NTP 334.088		
Reductor de agua y retardador	Reducir en hasta 5% el contenido de agua y retardar el fraguado	Véase reductor de agua (se añade retardador)
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo D), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NTC 1299, NTP 334.088		
Reductor de agua de alto rango	Reducir en hasta 12% el contenido de agua	Véanse superplastificantes
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo F), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NTC 1299, NTP 334.088,		
Reductor de agua de alto rango y retardador	Reducir en hasta 12% el contenido de agua y retardar el fraguado	Véanse superplastificantes y reductores de agua
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo G), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NTC 1299, NTP 334.088		
Reductor de agua de medio rango	Reducir el contenido de agua de 6% a 12% sin retardo del fraguado	Lignosulfonatos Policarboxilatos
Reductor de contracción	Disminuir la contracción por secado	Éter alkil polioxialkileno Propileno glicol
Retardador	Retardar el tiempo de fraguado	Lignina Bórax Azúcares Ácido tartárico y sales
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo B), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NTC 1299 (tipo B), NTP 334.088		
Superplastificante	Aumentar la fluidez del concreto Disminuir la relación agua-cemento	Formaldehido condensado de melamina sulfonato Formaldehido condensado de naftaleno sulfónico Lignosulfonatos Policarboxilatos
ASTM C 1017 (tipo 1), IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NTC 4023 (tipo F), NTP 334.088		
Superplastificante y Retardador	Aumentar la fluidez del concreto con tiempo de fraguado retardado Disminuir la relación agua-cemento	Véanse superplastificantes y reductores de agua
ASTM C 1017 (tipo 2), IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NTC 4023 (tipo G)		

Fuente: (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)



El aditivo anticongelante W68 contrarresta el proceso de congelación, provocando un comienzo rápido de liberación de calor del concreto y, por lo tanto, favoreciendo la resistencia del producto final. Con las condiciones adecuadas, el concreto se puede producir a temperaturas de ambiente de hasta $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El aditivo anticongelante W68 modifica el punto de congelación en las concentraciones que se usan normalmente para la aceleración o el anticongelamiento del concreto para obtener el efecto.

2.9. CAPACIDAD CALORÍFICA Y CALOR ESPECÍFICO

2.9.1. Calor

El calor es la transmisión de energías entre cuerpos diferentes o partes de los mismos cuerpos que se encuentran a una distinta temperatura. Estos flujos constantemente ocurren desde los cuerpos de mayores temperaturas hacia los cuerpos de menores temperaturas, ocurriendo las transferencias de calor hasta que los cuerpos se encuentren equilibrados térmicamente.

La energía logra ser transferida por varios mecanismos, entre los que cabe describir las radiaciones, las conducciones, las convecciones y en la mayoría de los cuales todos se encuentran presentes en mayores o menores grados.

Las energías que pueden intercambiar los cuerpos con sus entornos dependen de los tipos de transformaciones que se efectúen por encima de esos cuerpos y por consiguiente dependen de los caminos. El cuerpo no tiene calor sino energías internas. El calor es una parte de dichas energías internas (energías caloríficas) transferidas de unos sistemas a otros, los que suceden con las condiciones de que esté a diferentes temperaturas (Aeberhard & Aeberhard, 1998).



2.9.2. Capacidad Calorífica

La capacidad calorífica de los cuerpos son los cocientes entre las cantidades de energías caloríficas transferidas a los cuerpos o sistemas en los procesos y los cambios de temperaturas que experimentan. También se puede decir que son las energías necesarias para que aumente $1 \text{ kcal/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$ las temperaturas de las determinadas cantidades de una sustancia, (usando el SI) indican las mayores o menores dificultades que presentan dichos cuerpos para que experimenten un cambio de temperatura bajo los suministros de calor. Pueden entenderse como medidas de inercias térmicas.

Son de propiedades extensivas, ya que sus magnitudes dependen no solo de las sustancias, sino además de las cantidades de materias de los cuerpos o sistemas; por consiguiente, esas características de los cuerpos o sistemas particulares. Por ejemplo, las capacidades caloríficas del agua de las piscinas olímpicas serán mayores que las de un vaso de agua, generalmente, las capacidades caloríficas dependen también de las temperaturas y de la presión.

Las capacidades caloríficas no deben ser confundidas con las capacidades caloríficas específicas o calores específicos, los cuales son las propiedades intensivas que se refieren a las capacidades de los cuerpos para almacenar calor, siendo los cocientes entre las capacidades caloríficas y las masas de los objetos. Los calores específicos son las propiedades características de la sustancia y dependen de la misma variable que las capacidades caloríficas (Aeberhard & Aeberhard, 1998).

2.9.3. Medida de la Capacidad Calorífica

Para ser medidas las capacidades caloríficas bajo determinadas condiciones es necesario comparar los calores absorbidos por unas sustancias (o unos sistemas) con los incrementos de temperaturas resultantes. Las capacidades caloríficas vienen dadas por:

Donde:



$$C = \frac{Q}{\Delta T} \dots\dots\dots (3)$$

C =es la capacidad calorífica, que por lo general serán funciones de la variable de estados.

Q =es el calor absorbido por los sistemas.

ΔT =las variaciones de temperatura.

Se mide en unidad del SI julios/K (o también en cal/°C).

Las capacidades caloríficas (C) de los sistemas físicos, depende de las cantidades de sustancias o masas de dichos sistemas. Para los sistemas formados por una sola sustancia homogénea se definen también los calores específicos o capacidades caloríficas específicas a partir de las relaciones siguientes:

Donde:

C= es el calor específico o capacidad calorífica específica

m=la masa de sustancia considerada

$$C = \frac{Q}{\Delta T} c * m \dots\dots\dots (4)$$

De la anterior relación, es fácil inferir que, al incrementar la masa de una sustancia, se incrementan sus capacidades caloríficas, ya que aumentan las inercias térmicas y con ello aumenta las dificultades de las sustancias para variar su temperatura.

Un ejemplo de esto se aprecia en la ciudades costeras, donde los mares actúan como grandes termostatos ajustando la variación de temperaturas (Aeberhard & Aeberhard, 1998).

2.9.3.1. Planteamiento Formal de Capacidad Calorífica

Sean unos sistemas termodinámicos en los estados A se definen las capacidades caloríficas C asociadas a unos procesos cuasiestaticos elementales C que parten de A y finalizan en los estados B como los límites de los cocientes entre las cantidades de calor Q absorbidos por los sistemas y los incrementos de temperaturas ΔT que experimentan cuando los estados finales B tienden a estar confundidos con los iniciales A.

Las capacidades caloríficas son variables termodinámicas y están bien definidas en todos los estados de equilibrio de los sistemas.

En la tabla 22 se aprecia que el material común posee grandes capacidades caloríficas como el agua, las tierras o suelos secos compactados (adobes, tapial) y piedra densa como los granitos juntos al metal como los aceros. Este se encuentra entre los 500 y 1000 kcal/m³ °C.

Tabla 22: *Calor específico y capacidad calorífica de algunos materiales*

Material	Calor Específico kcal/kg°C	Densidad kg/m ³	Capacidad Calorífica kcal/kg°C
Agua	1	1000	1000
Acero	0,12	7850	950
Tierra seca	0,44	1500	660
Granito	0,19	2645	529
Madera de roble	0,57	750	430
Ladrillo	0,20	2000	400
Madera de pino	0,6	640	384
Piedra arenisca	0,17	2200	374
Piedra caliza	0,22	2847	484
Hormigón	0,16	2300	350
Mortero de yeso	0,2	1440	288
Tejido de lana	0,32	111	35
Poliestireno expandido	0,4	25	10
Poliuretano expandido	0,38	24	9
Fibra de vidrio	0,19	15	2,8
Aire	0,24	1,2	0,29

Fuente: (Aeberhard & Aeberhard, 1998)

Después se encuentran otros grupos que van de 300 a 500 kcal/m³ °C entre los que se ubican la mayoría de materiales usados en las construcciones actuales, como el ladrillo, hormigón, madera, tablero de yeso roca y la piedra arenisca.

En los últimos grupos se encuentran (3 a 35 kcal/m³ °C) el aislante térmico de masas como la lana de vidrio, la lana mineral, los poliestirenos expandidos y los poliuretanos expandidos que por sus "bajas densidades" -debido a que contiene mucho aire- poseen capacidades caloríficas muy bajas, pero sirven como aislantes térmicos.



Un caso especial es el aire ($0,29 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{K}$; $1,214 \text{ J/m}^3 \cdot \text{K}$), que sirve como medio para transportar el calor en el sistema pasivo, pero no para almacenar calor en lo interno (Aeberhard & Aeberhard, 1998).

2.10. CALOR ESPECÍFICO

El calor específico es una magnitud física que se define como las cantidades de calor (energías, ya que el calor no es energía, sino más bien las formas de transporte de las mismas) que hay que suministrar a las unidades de masas de sustancias o sistemas termodinámicos para que eleven su temperatura en unas unidades (kelvin o grado celsius). Por lo general, los valores del calor específico dependen de dichas temperaturas iniciales que se representan con letras (minúsculas). En forma análoga, se define la capacidad calorífica como las cantidades de calor que hay que suministrar a todas las masas de unas sustancias para que eleven su temperatura en unidades (kelvin o grado celsius). Se las representan con letras (mayúsculas).

Los calores específicos son propiedades intensivas de las materias, por lo que son representativas de todas las sustancias; por el contrario, las capacidades caloríficas son propiedades extensivas representativas de todos los cuerpos o sistemas particulares.

Cuanto más elevados sean los calores específicos de la sustancia, más energías caloríficas se necesitan para que se incrementen las temperaturas. Por ejemplo, se requieren ocho veces más de energías para que incrementen las temperaturas de unos lingotes de magnesio que para unos lingotes de plomo de las mismas masas. La terminación "calor específico" tiene sus orígenes en los trabajos del físico Joseph Black, quien realizó una variada medida calorimétrica y usó las frases "capacidades para el calor". En esas épocas las mecánicas y las termodinámicas se consideraban ciencia independiente, actualmente los términos podrían parecer inapropiados; tal vez unos mejores nombres podrían ser transferencias de energías caloríficas específicas, pero los



términos están demasiados arraigados para ser reemplazados (Aeberhard & Aeberhard, 1998).

2.10.1. Ecuaciones Básicas

Los calores específicos medios, correspondientes a ciertos intervalos de temperatura, se definen como las transferencias de energías en formas caloríficas entre los sistemas y sus entornos u otros sistemas, son las masas de los sistemas (se emplea una n cuando se tratan de los calores específicos molares) y son los incrementos de temperaturas que experimentan los sistemas.

Los calores específicos correspondientes a unas temperaturas dadas se definen como el calor específico; es una función de las temperaturas de los sistemas; estas funciones son crecientes para la mayoría de la sustancia (excepto para el gas monoatómico y diatómicos) y se deben a un efecto cuántico que hace que los modos de vibraciones estén cuantizados y solo sea accesible a medida que aumentan las temperaturas. Conocidas las funciones, las cantidades de calor asociadas con unos cambios de temperaturas de los sistemas desde las temperaturas iniciales T_i a la final T_f se calculan mediante las integrales.

2.10.1.1. Cantidad de Sustancia

Cuando se miden los calores específicos en ciencias e ingenierías, las cantidades de sustancias a menudo son masas, ya sean en gramos o en kilogramos, ambos del SI. Especialmente en química, sin embargo, conviene que las unidades de las cantidades de sustancias sean las “mol” al medirse los calores específicos, los cuales son ciertos números de moléculas o átomos de las sustancias. Cuando la unidad de la cantidad de sustancia es la “mol”, la terminación de “calor específico molar” se puede usar para que se refiera de forma explícita a la medida; o bien usar el término “calor específico másico” para indicar que se usan unas unidades de masa.



2.10.1.2. Conceptos Relacionados

Existen dos condiciones notables distintas bajo las cuales se miden los calores específicos y se denotan con sufijo con la letra C. Los calores específicos del gas normal se miden bajo condición de presiones constantes.

Las mediciones a presiones constantes producen un valor mayor que aquella que se realiza a volúmenes constantes (CV), debido a que en los primeros casos se realizan trabajos de expansiones.

Los cocientes entre el calor específico a presiones constantes y volúmenes constantes para unas mismas sustancias o sistemas termodinámicos se denominan coeficientes adiabáticos y se designan mediante las letras griegas (γ). Estos parámetros aparecen en una fórmula física, como por ejemplo la de velocidades de los sonidos en gases ideales.

El calor específico de la sustancia distinta del gas monoatómico no está dado por constante fija y pueden variarse un poco dependiendo de las temperaturas. Por lo tanto, se debe especificar con precisión las temperaturas a las cuales se hacen las mediciones. Así, por ejemplo, los calores específicos del agua exhiben unos valores mínimos de 0,99795 cal/(g*K) para la temperatura de 34,5 °C, en tanto que vale 1,00738 cal/(g*K) a 0°C. En consecuencia, los calores específicos del agua varían menos del 1% con relación de su valor de 1 cal/(g*K) a 15°C, por lo que a menudo se les consideran como constantes. Las presiones a las que se miden los calores específicos son especialmente importantes para gas y líquido (Aeberhard & Aeberhard, 1998).

2.10.2. Unidades de Calor

Las unidades de medidas del calor en los sistemas internacionales es el joule (J). Las calorías (cal) además son usadas en la aplicación científica y tecnológica. La caloría es definida como las cantidades de calor necesaria para aumentar en 1°C la temperatura



de un gramo de agua destilada, en los intervalos de 14,5 °C a 15,5 °C, por consiguiente, tienen unas definiciones basadas en los calores específicos (Aeberhard & Aeberhard, 1998).

2.10.3. Unidades de Calor Específico

En el sistema internacional de unidades, los calores específicos se expresan en julio por kilogramos y por kelvin ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$), otras unidades no pertenecientes al SI, son las calorías por gramos y por kelvin ($cal \cdot g^{-1} \cdot K^{-1}$). Así, los calores específicos del agua son aproximadamente $1 \text{ cal}/(g \cdot K)$ en amplios intervalos de temperatura, a las presiones atmosféricas; exactamente $1 \text{ cal} \cdot g^{-1} \cdot K^{-1}$ en el intervalo de 14,5 °C a 15,5 °C (por las definiciones de las unidades calorías).

En los Estados Unidos y en otros pocos países en los que se siguen utilizando el sistema anglosajón de unidades, los calores específicos se suelen medir en BTU (unidades de calor), por libras (unidades de masas) y grados Fahrenheit (unidades de temperatura).

La BTU es definida como las cantidades de calor que se requieren para que se eleven unos grados Fahrenheit las temperaturas de unas libras de agua en condición atmosférica normal (Aeberhard & Aeberhard, 1998).

2.11. FACTORES QUE AFECTAN EL CALOR ESPECÍFICO

2.11.1. Grados de Libertad

Los comportamientos termodinámicos de la molécula del gas monoatómico, como el helio, del gas biatómico y los hidrógenos son distintos. En el gas monoatómico, las energías internas corresponden solamente a movimientos de traslaciones.

El movimiento trasnacional es un movimiento de cuerpos completos, en espacios tridimensionales en el que la partícula se mueve e intercambia energías en colisión, en forma similar a como lo haría la pelota de goma encerrada en un recipiente que se agitara



con fuerza. Este movimiento simple en el eje dimensional X, Y, y Z implica que el gas monoatómico solo tiene un grado de libertad trasnacional.

La molécula con mayores atomicidades, en cambio, tiene diferentes grados de libertad interna, rotacional y vibraciones adicionales ya que es un objeto complejo. Se comporta como una población de átomos que puede estar moviéndose dentro de unas moléculas de distinta forma. Las energías internas se almacenan en este movimiento interno. Por ejemplo, los nitrógenos, que son unas moléculas diatómicas, tienen 5 grados de libertad disponible; 3 trasnacionales más dos rotacionales. Cabe recalcar que las capacidades caloríficas molares a volúmenes constantes del gas monoatómico son las constantes universales del gas ideal, mientras que para el Nitrógeno (biatómico) valen, los cuales muestran claro las relaciones entre el grado de libertad y los calores específicos (Aeberhard & Aeberhard, 1998).

2.11.1.1. Masa Molar

Una razón por la que los calores específicos adoptan un diferente valor para distintas sustancias son las diferencias en la masa molar, que son las masas de una mol de algunos elementos, las cuales son directamente proporcionales a la masa molecular del elemento, suma de los valores de las masas atómicas de la molécula en cuestión. Las energías caloríficas se almacenan gracias a la existencia de átomos o moléculas vibrando. Si una sustancia tiene una masa molar más ligera, en tanto cada gramo de ellas tiene más átomos o moléculas disponibles que almacenen energías. Es por ello que los hidrógenos, son sustancias con las menores masas molares, tienen unos calores específicos tan elevados; porque unos gramos de estas sustancias contienen unas cantidades tan grandes de molécula.

Un resultado de estos fenómenos son que, cuando se miden los calores específicos en un



término molar las diferencias entre sustancias se hacen menos pronunciadas y los calores específicos de los hidrógenos dejan de ser atípicos. En formas correspondientes, a la sustancia molecular (que también absorbe un calor en su grado interno de libertad), puede almacenarse una gran cantidad de energía por mol si se trata de una molécula grande y compleja y en consecuencia su calor específico medio en términos másicos es menos notable, ya que las densidades netas de los elementos químicos están violentamente relacionadas con sus masas molares. Existe en términos generales fuerte correlación inversa entre las densidades del sólido y calores específicos a presión constante, medido en término másico.

Un lingote de sólido a bajas densidades tiende a absorber más calor que un lingote pequeño de sólido de las mismas masas, pero de mayores densidades porque los primeros generalmente contienen más átomos. En conclusión, hay correlaciones cercanas entre los volúmenes de unos elementos sólidos y sus capacidades caloríficas totales. Hay, sin embargo, mucha desviación de estas correlaciones generales (Aeberhard & Aeberhard, 1998).

Ejemplo

Hallar la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura 83.02 kg de una mezcla de agregado fino, agregado grueso, cemento desde 5°C hasta 26.05°C, El calor específico del hormigón es de 0.16 cal/g°C.

$$Q=m*c(T_f-T_o)$$

$$Q=83.02 \text{ kg} * 0.16(26.05 \text{ °C} - 5\text{°C}) = 279.61136 \text{ kcal.}$$

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.1.1. *Materiales*

En este capítulo de la investigación se analiza los agregados que intervienen en la elaboración de los concretos. Luego se presenta la prueba realizada en laboratorio conforme a las normas técnicas peruanas vigentes y características obtenidas de los materiales.

3.1.2. *Ensayo de los Agregados*

Todos los ensayos para hallar las propiedades físicas necesarias en el diseño y la elaboración del concreto, fueron realizados en el laboratorio de material y construcción de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano con la supervisión del personal técnico responsable.

Figura 28: *Agregado fino*



3.1.2.1. *Muestreo de los Agregados*

Realizar un adecuado muestreo es importante para el ensayo de los agregados en la elaboración de los concretos, por consiguiente, se deberá tener las precauciones y obtener una muestra representativa posible de acuerdo a la norma técnica peruana.

Figura 29: *Agregado grueso*



3.1.2.2. Norma

(NTP:400.010, 2016), (ASTM:D75, 2002)

3.1.2.3. Fuentes de Abastecimiento de Agregados

La fuente de abastecimiento de agregado es el depósito fluvial, eólico, lacustre, canteras y almacén de planta de procesamientos o fabricación de agregado artificial.

- **Depósitos fluviales:** Se localiza en el playón o cauce del río. Proporciona un agregado de canto rodado simple y económica para su explotación, por lo general pueden contener elevados porcentajes de materias orgánicas, limo y arcilla que puede afectar la calidad de los materiales.
- **Canteras:** En esta fuente de abastecimiento se obtiene un agregado por zarandeado que por lo general es de buena calidad, se extraen de yacimientos parciales o totalmente abiertos, escogiendo una zona sana de estructuras uniformes, debiendo eliminarse las rocas.

El agregado que se utilizó en la investigación fue extraído de la cantera Puente Pucará km 1+500 del distrito de Pucará, como son el agregado fino y agregado grueso, estos agregados fueron protegidos y almacenados en un lugar seguro.



3.1.2.4. Equipos

- Barra de acero 1m
- Pala
- Pico
- Zarandas
- Bandejas
- Brocha

3.1.2.5. Muestreo

Para realizar el muestreo de los agregados gruesos, se obtiene una porción de materiales próximamente igual, tomando las muestras de las partes inferiores, medias y superiores de las pilas. Esta porción se combina para formar muestras de campo.

En el caso del agregado fino, se elimina las capas superficiales, porque puede haber segregaciones, luego se toma muestras representativas de la pila al igual que en el caso del agregado grueso.

Se almacena el material muestreado a fin de evitar la pérdida de finos durante el transporte hacia el lugar donde será cuarteado y posteriormente ensayado.

3.1.2.6. Cuarteo

Para que se logre igualdad en las muestras deberán ser removidas, después proceder a realizar las reducciones o cuarteos de los materiales, las cuales se hacen sobre unas lonas, esto para evitar la pérdida de finos y la contaminación de las muestras.

Con la totalidad de los materiales se forman unas pilas cónicas y con las planchas se quitan los materiales de las mismas, formando otras pilas, estos procesos se repiten tres veces, después se aplanan con la plancha hasta que su espesor sea igual o uniforme.

Se delinear dos diámetros perpendiculares quedando las muestras divididas en cuatro partes, se desecha dos opuestas y se selecciona la restante, la cual debe ser

mezclada de nuevo y reducida de la forma explicada hasta que se obtenga las muestras de ensayos.

Figura 30: *Agregado Grueso*



Figura 31: *Agregado Fino*



3.1.3. Ensayo de Contenido de Humedad

Estos ensayos tienen por objetivo determinar los contenidos de humedad de las muestras de agregados. Estos contenidos de humedad están formados por las sumas de agua libre, capilar e higroscópica.



La magnitud del contenido de agua que presenta los agregados representa junto con las cantidades de aire la característica principal para explicar los comportamientos de estos (en especial en aquel de texturas más finas), por ejemplo, cambio de volumen, cohesiones, estabilidades mecánicas.

Los métodos tradicionales para determinar la humedad de los agregados en laboratorio son por medio del secado al horno, donde la humedad de un agregado es la relación expresada en porcentajes entre el peso del agua existente en una determinada masa del agregado y el peso de las partículas sólidas.

3.1.3.1. Norma

(NTP:339.185, 2013), (ASTM:C566, 2004)

3.1.3.2. Método

La norma técnica establece los procedimientos para determinar los porcentajes de humedad en una muestra por secado.

3.1.3.3. Equipo

- Balanza
- Horno
- Taras
- Bandeja

3.1.3.4. Procedimiento

- Se realizan los muestreos y extraen las muestras a ensayarse.
- Se determina el tamaño de las muestras para agregados finos y agregado grueso de $TM = 1''$ será un aproximado 500 gr.
- Se pesan las muestras húmedas, luego se seca en el horno a temperatura $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta que se obtenga una masa constante, después se deja enfriar los agregados en estado seco.

Figura 32: *Horno de secado*



3.1.3.5. Cálculos

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} * 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Seguidamente se muestra el resultado obtenido del contenido de humedad de los agregados finos y de los agregados gruesos, agregados que por cierto fueron empleados en la elaboración de la presente tesis utilizando la fórmula antes mencionada.

3.1.4. *Análisis Granulométrico*

La granulometría del árido es un parámetro muy importante empleado para las dosificaciones de los concretos (en la mayoría de los métodos de dosificaciones presentan especificaciones sobre la granulometría óptima que se debe tener del árido), ya que constituyen su esqueleto y tienen gran influencia sobre su propiedad potencial.

Tabla 23: *Contenido de humedad del agregado grueso*

Nro De Tara	E-4	E-5	E-6
Peso de Tara	30.92	31.8	32.33
Peso de Tara + M. Húmeda	195.06	215.66	227.1
Peso de Tara + M. Seca	194.93	215.46	226.94
Peso de Agua	0.13	0.2	0.16
Peso Muestra Seca	164.01	183.66	194.61
Contenido de humedad W%	0.08	0.11	0.08
Promedio cont. Humedad W%	0.09		

Tabla 24:*Contenido de humedad agregado fino*

Nro De Tara	E-1	E-2	E-3
Peso de Tara	30.15	27.77	33.54
Peso de Tara + M. Húmeda	185.25	158.88	189.86
Peso de Tara + M. Seca	184.84	158.55	189.53
Peso de Agua	0.41	0.33	0.33
Peso Muestra Seca	154.69	130.78	155.99
Contenido de humedad W%	0.27	0.25	0.21
Promedio cont. Humedad W%	0.24		

Los análisis granulométricos de un árido se basan en determinar la distribución por un tamaño de la partícula que los forma, o sea, en dividir al árido en diferentes fracciones de partícula del mismo tamaño, o de un tamaño comprendido dentro de un determinado límite y en encontrar los porcentajes que entran en el árido de cada uno de estos.

Los estudios de las distribuciones por tamaño de un árido se hacen cribando a través de una serie de tamices normalizados y que puede corresponder a la serie: internacional ISO, americanas Tyler o ASTM.

3.1.4.1. Norma

(NTP:400.012, 2018), (ASTM:C136-05, 2002)

3.1.4.2. Método

Como se mencionó anteriormente, la granulometría se define como las distribuciones de los tamaños de las partículas del agregado a ser ensayado.



Esta granulometría se determina haciendo pasar muestras representativas del agregado por una serie de tamices ordenados por aberturas, de mayores a menores.

El tamiz es una malla de abertura cuadrada, que se encuentra estandarizada por la norma técnica peruana.

Las operaciones de tamizados deben efectuarse acorde con la norma (NTP:400.012, 2018) y de acuerdo a una cantidad de material seco.

3.1.4.3. Equipo

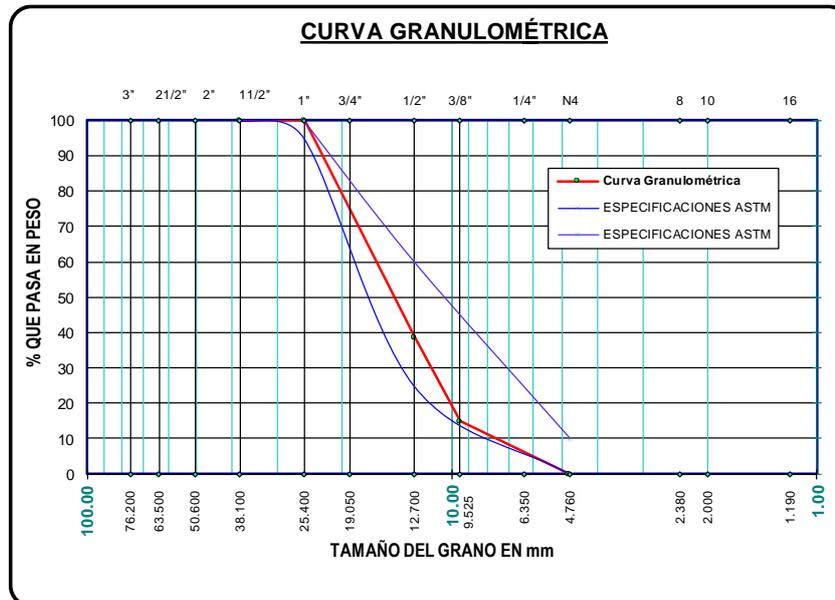
- **Balanza.** Si se va a pesar agregados finos se debe utilizar la balanza con aproximación de 0.1gr y para el caso de agregados gruesos utilizar una balanza con aproximación al 0.5gr.
- **Tamices.** Las series de tamices para agregado grueso son: 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", # 4 y para agregados finos son #4, # 8, # 16, #30, #50, #100, #200.
- **Horno.**

3.1.4.4. Procedimiento

Agregado Grueso

Con relación a los agregados gruesos se toma una cantidad de las muestras aproximadas según al T. M. de los agregados, para $T_M = 3/4"$ se toma aproximadamente 11.5 kg. Para este ensayo, la muestra de agregados gruesos tiene que estar seco; llevándose al horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Figura 33: Curva granulométrica del agregado grueso



Después de que el agregado este totalmente seco, se procede a colocar los materiales en las tamizadoras donde ya debe estar colocado el tamiz de mayor a menor abertura. Una vez finalizado los tamizados, se procede a pesar el retenido de todas las mallas, iniciando por las mallas superiores.

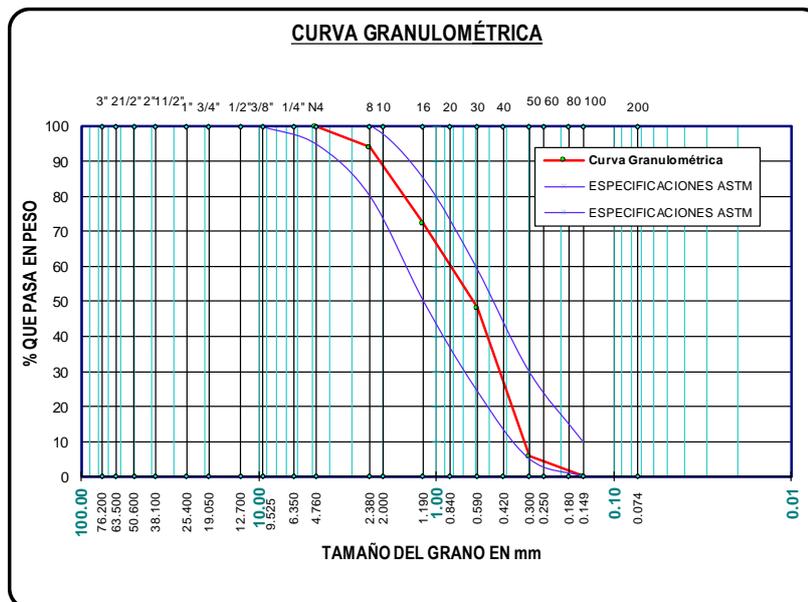
Agregado Fino

En el caso de los agregados finos, las muestras aproximadas para los ensayos de granulometría debe ser 1500gr, el cual debe estar totalmente seco. Después de que los agregados estén completamente secos, se procede a colocar los materiales en el tamiz, de mayores a menores aberturas. Una vez que los materiales han sido colocados en el tamiz, los zarandeos deben durar por lo menos 2 min.

- A continuación, se muestra el resultado obtenido del estudio granulométrico de los agregados finos y de los agregados gruesos. Para el tamizado del agregado grueso se utilizó la clasificación granulométrica con uso ASTM N° 6, ya que el análisis granulométrico se encuentra dentro de estos límites.

- El resultado del estudio granulométrico se utiliza para lo siguiente:
 - Verificar que el material cumpla con la especificación
 - Seleccionar los agregados más adecuados
 - Detectar una variación en las granulometrías y ajustar las proporciones de la mezcla.
 - Cabe señalar que debe existir un ensamble casi total entre partículas, es decir, que la partícula más pequeña ocupe el espacio entre los mayores y todos los conjuntos estén unidos por la pasta de cemento.

Figura 34: Curva granulométrica del agregado fino



3.1.5. *Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso*

Estos métodos de ensayo son usados para determinar la densidad o las porciones esencialmente sólidas de un gran número de partículas de agregados que dan valores promedios y que representan las muestras. Se hacen las distinciones entre las densidades de la partícula de los agregados según se determinen por estos métodos de ensayo y las densidades aparentes del agregado según se determinen conforme a las normas técnicas (ASTM C127, 1986).

3.1.5.1. Norma

(NTP:400.021, 2018), (ASTM C127, 1986)

3.1.5.2. Método

Estos métodos establecen los procedimientos para determinar el peso específico en sus tres estados y las absorciones de los agregados gruesos, luego de ser sumergidos en agua por 24 horas.

Figura 35: *Peso específico del agregado grueso*



3.1.5.3. Equipo

Tamiz Balanza, con aproximación al 0.5 gr y con capacidad de 5000 gr o más, las balanzas estarán equipadas con dispositivos capaces de suspender las muestras en las cestas con mallas de alambre en los recipientes de agua desde el centro de las plataformas de pesado.

- Tamiz normalizado N° 4
- Depósito de agua



- Cesta con malla de alambre, con abertura correspondiente al tamiz N °6
- Horno

3.1.5.4. Procedimiento

Antes de que se realicen los ensayos de peso específico y absorción, es necesario que se hagan los muestreos y los cuarteos de los agregados a ser usados, para que se pueda tener muestras representativas.

Se tamiza los materiales por la malla Nro. 4, descartando las totalidades de los pasantes de esta malla.

Las muestras aproximadamente son de 5000gr de agregados gruesos, los cuales deben de estar secos.

Se procede a sumergir los materiales en agua por 24 horas, pasado el tiempo se remueve los materiales del agua para hacerlos rodar sobre paños de gran absorberencia (franelas), hasta que se hacer desaparecer todas las películas de agua visible y se pueda ver que los materiales han perdido los brillos superficiales. Se pesa las muestras, obteniendo el peso bajo una condición de saturación con superficie seca y se determinan estos y todos los demás con aproximación de 0.5gr.

Se pesa las canastillas completamente sumergidas en los depósitos de agua, luego se marcan hasta donde se sumergen las canastillas, colocándose en cero el peso de las canastillas sumergidas en agua.

Se coloca las muestras saturadas superficialmente secas en las canastillas para luego sumergirlas por completo, de tal forma que lleguen a las marcas anteriores descritas, este será el peso de las muestras saturadas en agua.

Una vez retiradas las muestras de las cestas de alambre, estas se llevan al horno a una temperatura entre 100 ± 5 °C para que se obtenga el peso de las muestras secas.



3.1.5.5. Cálculos

Su importancia radica en que influye en los concretos reduciéndose el agua de mezclas, modificando la propiedad resistente y las trabajabilidades, por lo que es necesario tenerlas en consideración para realizar la corrección necesaria.

Según ASTM C – 127 y 128 las metodologías para obtener la capacidad de adsorción se determinan por la siguiente fórmula:

Peso específico de la masa seca (Gb):

$$Gb = \frac{A}{B-C} \dots\dots\dots (6)$$

Peso específico saturado superficialmente seco (GSSS)

$$GSSS = \frac{B}{B-C} \dots\dots\dots (7)$$

Peso específico aparente (Ga)

$$Ga = \frac{A}{A-C} \dots\dots\dots (8)$$

Absorción

$$\%Absorción = \frac{B-A}{A} \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

A=Peso de la muestra seca.

B=Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

C=Peso de la muestra saturada.

Tabla 25: *Peso específico y absorción del agregado grueso*

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO		
DATOS		
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (W_{sss})	1883.51
2	PESO SUMERGIDO EN AGUA (W_w)	1114.72
3	PESO DE LA TARA	2.47
4	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO + TARA	1836.01
5	PESO SECO DE LA MUESTRA (W_s)	1833.54
RESULTADOS		
6	PESO ESPECÍFICO DE MASA P.E.M: $5/(1-2)$	2.38
7	PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA P.E.M.S.S.S. : $1 / (1-2)$	2.45
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE P.E.A. : $5/(5-2)$	2.55
9	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: $\%ABS((1-5)/5)$	2.73

3.1.6. *Peso Específico y Absorción del Agregado Fino*

Cuando se examina las aptitudes físicas del agregado, es conveniente que se conozca y valore las características propias de los materiales, como la densidad, el peso específico y la absorción.

Para que se pueda medir las características anteriores es importante que se entienda que todo el agregado es poroso hasta cierto punto, los que posibilita las entradas de agua en el espacio del poro. Los agregados húmedos pueden también tener agua tanto en su interior como en el exterior.

3.1.6.1. Norma

(NTP:400.022, 2013), (ASTM:C128, 2017)

3.1.6.2. Método

Este método determina el peso de los agregados por unidad de volumen sin que se considere su vacío, además de los porcentajes de absorción o contenidos del agua que los agregados finos requieren para que se sature su vacío.

3.1.6.3. Equipo

- Balanza con aproximación al 0.5gr
- Picnómetro con capacidad 500 ml.



- Moldes cónicos metálicos, de 40 ± 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 ± 3 mm de diámetro en las partes inferiores y 75 ± 3 mm de altura. Confeccionados por planchas metálicas de un espesor igual o superior a 0.8 mm.
- Apisonadores de metales, consistente en varillas metálicas con uno de sus extremos de secciones planas y circular, de 25 ± 3 mm de diámetro. Debe tener una mesa de 340 ± 15 gr.
- Horno.

3.1.6.4. Procedimiento

Antes de realizar los ensayos de peso específico y absorción, es necesario realizar los muestreos y los cuarteos de los agregados a ser usados, para tener muestras representativas.

Se toma una muestra aproximadamente de 1500gr, el cual debe estar seco.

Se procede a remojar en agua por 24 horas, pasado este tiempo, se remueven los materiales del agua y se colocan en unas bandejas para secar al aire hasta que las muestras estén en estado saturado, superficialmente secas, para ello se utiliza un molde, con formas troncocónicas, a las cuales se les llenan las muestras en solo una capa que, con la ayuda de los pistones se van compactando, haciendo que se caiga los pistones aproximadamente de 5mm de altura, para luego al término de las compactaciones alisar las superficies de las muestras y levantar el molde verticalmente. Si existe la humedad libre el cono conserva su forma. En estos casos se repite en un intervalo frecuente, hasta que las muestras queden en formas cónicas terminadas en puntas sin que se desmorone. Esto indica que se ha alcanzado las condiciones de saturado superficialmente seco (SSS).

Figura 36: *Comprobación del agregado fino en estado Sss, mediante cono*

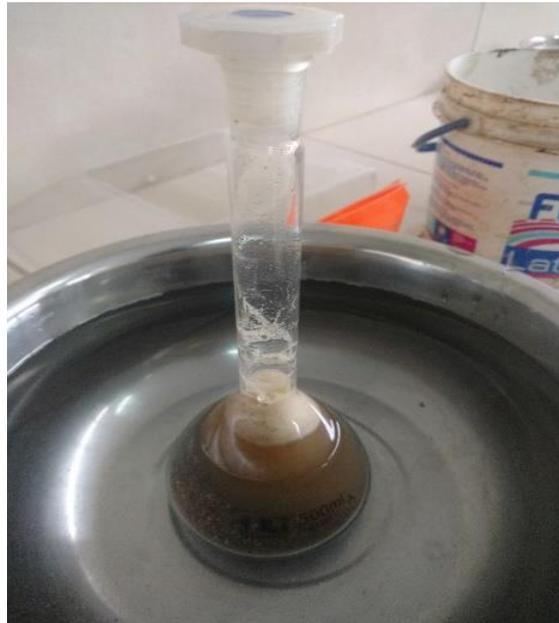


Inmediatamente después se pesa 500gr, para los ensayos de peso específico y otros 500gr para los ensayos de absorción, este último se lleva al horno para que se obtenga su peso seco.

Después en el picnómetro de 500 cm³, se introduce una cantidad de agua y después las muestras de agregados finos saturados superficialmente secas, siendo cuidadosos de no perder los materiales, posteriormente se llena de agua en el picnómetro hasta una altura que al inclinarse nos permita expulsar las burbujas de aire contenido, después son colocadas a baño maría e ir rodando cada 10 min, aproximadamente hasta eliminar la burbuja.

Una vez que se termina se llena el picnómetro con agua hasta los marcados y se hace reposar por 24 horas hasta que todas las muestras estén a temperatura ambiente. Después se procede a colocar el agua hasta unas marcas en el picnómetro, se toman los valores de este peso. Se retira todo el contenido del picnómetro, se le coloca agua hasta las marcas anteriores y se vuelve a pesar y finalmente se pesa el picnómetro vacío.

Figura 37: *Ensayo peso específico del agregado fino*



3.1.6.5. Cálculos

- **Peso específico:**

$$P.E. = \frac{W_{sss}}{W_a + W_{sss} - W_p} \dots\dots\dots (10)$$

Dónde:

W_{sss}: Peso de la muestra saturada superficialmente seca

W_a: Peso de la fiola con agua hasta la marca de calibración.

W_p: Peso de la fiola con agua más la muestra hasta la marca de calibración.

- **Absorción:**

$$\%Absorción = \frac{B-A}{A} \dots\dots\dots (11)$$

Dónde:

A: Peso de la muestra seca en el aire.

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

Tabla 26: *Peso específico y absorción del agregado fino*

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO		
DATOS		
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (W_{sss})	500.00
2	PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA (W_{m+w})	715.22
3	W_{sss} + PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA (W_{m+w+a})	1013.18
4	PESO DE LA TARA	2.47
5	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO + TARA	488.04
6	PESO SECO DE LA MUESTRA (W_s) (5-4)	485.57
RESULTADOS		
7	PESO ESPECÍFICO DE MASA P.E.M: $6/(1 - (3 - 2))$	2.40
8	PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA P.E.M.S.S.S.: $(1 / (1 - (3 - 2)))$	2.47
9	PESO ESPECÍFICO APARENTE P.E.A. : $6/(6 - (3 - 2))$	2.59
10	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: $\%ABS((1 - 6)/6)$	2.97

3.1.7. *Peso Unitario del Agregado*

Por definición, el peso específico unitario, es la relación de las masas de los agregados que ocupa un volumen de patrón unitario entre las magnitudes de estos, incluyendo el volumen del vacío propio de los agregados, que han de ir a ocupar partes de este volumen unitario patrón.

El peso específico unitario es el peso de las muestras sobre un volumen definido de los moldes, viene a ser a su vez unas constantes de todos los materiales, que sirven para que se transforme el peso a volumen o viceversa, en principal en las dosificaciones de hormigón. Existe dos valores para el peso unitario de los materiales granulares, dependiendo de los sistemas que se empleen para que se acomoden los materiales, las denominaciones que se les darán a cada uno de ellos serán: peso unitario suelto y peso unitario compactado.

3.1.7.1. Norma

(NTP:400.017, 2016), (ASTM:C29/C29M, 1997)



3.1.7.2. Método

La Norma técnica determina los procedimientos para establecer el peso unitario de los agregados en condiciones compactadas y sueltas, así calcular el vacío entre la partícula del agregado fino, grueso y mezcla.

3.1.7.3. Equipo

- Balanza
- Martillo de goma
- Varilla metálica lisa con punta semiesférica
- Recipiente metálico
- Pala, bandeja, brochas
- Horno

3.1.7.4. Procedimiento

Peso Unitario Compactado:

Primero los materiales se secan, enseguida se muestrean y cuartean.

Se llena la tercera parte de los recipientes de medidas y se nivelan las superficies.

Se apisonan las capas de agregados con la varilla 5/8" compactados, mediante 25 golpes distribuidos igualmente sobre las superficies en formas helicoidales para que después con los martillos de goma dar 12 golpes al recipiente metálico para el acomodo de los materiales.

Se llenan hasta las dos terceras partes del envase, se repiten los compactados para el acomodo de partículas.

Por último, se llenan los recipientes metálicos con agregados hasta rebosar, se vuelven a apisonar con la varilla también con 25 golpes, para la finalización se golpea con el martillo de goma 12 veces y luego se enrasan con unas reglas metálicas o en su defecto con las mismas varillas.

Al ser compactadas las primeras capas se procura que las varillas no golpeen los fondos con fuerza, al ser compactadas las dos últimas capas la varilla debe penetrar solo la última capa de agregados colocados.

Se determina su contenido, peso y volumen del recipiente, se registrándose estos datos.

Figura 38: *Cuarteado del agregado*



Peso unitario suelto

Se realiza los muestreos en cuestión y secados del material.

Los recipientes a medida se llenan con unas palas hasta que rebosen, descargando los agregados desde una altura no mayor a 50 mm (2") por encima de las partes superiores de los recipientes. Los agregados sobrantes se eliminan con cuidado con una regla evitando cualquier compactación.

Se determina el peso de los recipientes de medidas más su contenido, peso y volumen de los recipientes, luego se registra estos datos.

Figura 39: *Colocación del agregado al molde*



Figura 40: *Enrazado del agregado*



Figura 41: *Pesado del agregado*



3.1.7.5. Cálculos

- **Peso unitario compactado**

$$P.U.Compactado = \frac{\text{Peso de la muestra compactada (Kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m3)}} \dots\dots\dots (12)$$

- **Peso unitario suelto**

$$P.U.Suelto = \frac{\text{Peso de la muestra suelto (Kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m3)}} \dots\dots\dots (13)$$

- **P.E.: Peso específico**

P.U.: Peso unitario suelto y compactado (según sea el ensayo)

3.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Una vez conocida la propiedad del agregado para los concretos, ya es posible combinar en proporciones adecuadas buscando se cumpla con la especificación solicitada “resistencias a las compresiones” y así tener un comportamiento eficiente ante la condición a que estarán expuestos; siendo importante también que se mencionen las factibilidades del costo del material para la producción de los mismos.



Tabla 27: *Peso unitario suelto y compactado del agregado fino*

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4760	4795	4895
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	13090	13215	13360
PESO DE LA MUESTRA gr.	8330	8420	8465
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5538	5578	5578
PESO UNITARIO gr/cm ³ ,	1.504	1.509	1.517
PESO UNITARIO SECO Kg/m ³ .	1510.37		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4760	4795	4895
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	14030	14170	14295
PESO DE LA MUESTRA gr.	9270	9375	9400
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5538	5578	5578
PESO UNITARIO gr/cm ³ ,	1.674	1.681	1.685
PESO UNITARIO SECO Kg/m ³ .	1679.89		

Tabla 28: *Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso*

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4760	4795	4895
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	12480	12660	12800
PESO DE LA MUESTRA gr.	7720	7865	7905
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5538	5578	5578
PESO UNITARIO gr/cm ³ ,	1.394	1.410	1.417
PESO UNITARIO SECO Kg/m ³ .	1407.03		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4760	4795	4895
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	13440	13595	13580
PESO DE LA MUESTRA gr.	8680	8800	8685
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5538	5578	5578
PESO UNITARIO gr/cm ³ ,	1.567	1.578	1.557
PESO UNITARIO SECO Kg/m ³ .	1567.29		



Los diseños de mezcla se han realizado por el método del módulo de fineza, buscando así que se obtenga mejor combinación del agregado grueso y fino (en función de su módulo de finezas).

La resistencia a la compresión de diseños se plantea 210 kg/cm^2 (a los 28 días), esta resistencia es considerada como las resistencias mínimas en los elementos estructurales.

3.2.1. Los Materiales

3.2.1.1. Cemento

En el presente estudio se ha optado por trabajar con cemento Portland tipo IP (ASTM:C150/C150M-09, 2002), marca RUMI, por ser este el cemento de mayor uso comercial en la región de Puno. El peso específico fue considerado como 2.85 gr/cm^3 .

3.2.1.2. Agregados

Para la presente investigación se utilizó el agregado proveniente de las canteras Rio Pucará, el tamaño estándar de los agregados gruesos pertenece a la gradación N° 57 (ASTM:C33/C33M-13, 2011), presentando las siguientes características:

Tabla 29: *Secuencia de diseño de mezcla método del módulo de fineza*

Diseño de mezcla (Método: Módulo de Fineza)	
	-Resistencia promedio requerida.
Datos Iniciales	-Selección del tamaño máximo o tamaño máximo nominal. - Selección del asentamiento.
Datos externos (tablas)	-Determinación del volumen unitario de agua. -Selección de contenido de aire. -Selección de la relación A/C.
Datos Obtenidos	-Factor cemento. -Volumen absoluto de pasta. -Módulo de finesa de la combinación de agregados.
Diseño Final	-Volúmenes absoluto de agregados. -Diseño por volúmenes absolutos. -Corrección por humedad

Tabla 30: *Propiedades del agregado*

Descripción	A. Grueso	A. Fino
Tamaño Máximo	3/4"	Nro 4
Tamaño Máximo Nominal	1/2"	-
Peso Específico (gr/cm ³)	2.45	2.47
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.407	1.51
Peso Unitario Compactado (gr/cm ³)	1.567	1.679
Contenido de Humedad (%)	0.09	0.24
Absorción (%)	2.73	2.97
Módulo de Finesa	6.62	2.8

3.2.1.3. Agua

Se usó agua potable

3.2.2. *Diseño de Mezcla del Concreto 210 kg/cm²*

Seguidamente, se presentan las secuencias de los diseños de mezclado de los concretos por el método módulo de fineza (Concreto normal - CN).

3.2.2.1. Cálculo de la Resistencia Promedio

Como no se cuenta con un registro anterior de desviaciones estándar, para los cálculos de la resistencia promedio se usó la siguiente tabla:

Tabla 31: *Resistencia a la Compresión Promedio*

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: Rivva López, Diseño de Mezclas

Por consiguiente, para una resistencia de diseño de 210 kg/cm, se consideran los factores de 84 kg/cm², logrando unas resistencias promedio de 294 kg/cm².

3.2.2.2. Tamaño Máximo Nominal del Agregado

Los tamaños máximos nominales de los agregados gruesos considerados para el presente estudio son de tamaño máximo de 1" y tamaños máximos nominal de ¾".

3.2.2.3. Selección del Asentamiento

Se consideró realizar los diseños de mezcla con unas consistencias plásticas con fines de garantizar la trabajabilidad de los concretos, teniendo revenimientos de (3" a 4")

3.2.2.4. Volumen Unitario de Agua

Para las determinaciones del volumen unitario de agua, se ha tomado en cuenta las especificaciones de la tabla 32 establecidas por las normas (ACI:211.1-91, 2002).

Por consiguiente, para mezclas de consistencias plásticas (revenimientos de 3" a 4") y de tamaños máximos nominales de ¾", se tiene un volumen unitario de 185 l/m³.

Tabla 32: *Volumen unitario de agua*

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Gruoso	Volumen Unitario de Agua, Expresado en L/m ³ , para los Asentamientos y Perfiles de Agregado Grueso Indicados sin Aire Incorporado.					
	1" a 2"		3: a 4"		6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: Rivva López, Diseño de Mezclas

3.2.2.5. Selección del Contenido de Aire

Ya que no han sido consideradas las incorporaciones de aire en los diseños, se procede a obtener los porcentajes de aire atrapados, según la tabla 33.

Por tanto, para tamaños máximos nominales de 3/4", se tiene 2 % de aire atrapado en la mezcla.

Tabla 33: *Contenido de aire atrapado*

Contenido de Aire Atrapado	
Tamaño Máximo nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Fuente: Rivva López, Diseño de Mezclas

3.2.2.6. Relación Agua/Cemento

En este paso se ha considerado la elección de la relación agua/cemento, según las condiciones de exposición para garantizar su resistencia.

Tabla 34: *Relación agua/cemento por resistencia*

f _{cr} (28 Días)	Relación Agua / Cemento de Diseño en Peso	
	Concreto sin Aire Incorporado	Concreto con Aire Incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	---
450	0.38	---

Fuente: Rivva López, Diseño de Mezclas

Se considera que los concretos diseñados en la Región Puno estarán expuestos a una condición severa, así se establece 0.56 como relación a/c.

3.2.2.7. Factor Cemento

Determinamos el factor cemento por la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{\text{Vol. unitario de agua}}{\text{Relacion a/c}} = \frac{185 \text{ l/m}^3}{0.56} = 330.36 \text{ kg/m}^3 \dots\dots\dots (14)$$

3.2.2.8. Cálculo del Volumen Absoluto de Pasta

Determinamos los volúmenes unitarios de los componentes de la pasta de la forma siguiente:

$$\text{Vol. unitario del cemento} = \frac{\text{Factor Cemento}}{\text{P.e.del Cemento}} = \frac{330.36 \text{ Kg/m}^3}{2850 \text{ Kg/m}^3} = 0.12 \dots\dots\dots (15)$$

$$\text{Vol. unitario del agua} = \frac{\text{Vol. unitario del agua}}{\text{P.e. del agua}} = \frac{185 \text{ L/m}^3}{1000 \text{ L/m}^3} = 0.19 \dots\dots\dots (16)$$

$$\text{Vol. unitario de aire} = \% \text{ de aire atrapado} = 2.00\% = 0.02$$

Tabla 35: Volumen de pasta

Volumen Absoluto de Pasta	
Cemento	0.12
Agua	0.19
Aire	0.02
Volumen Abs.	0.33

3.2.2.9. Cálculo del Volumen Absoluto de Agregado

Siendo el agregado complemento de la pasta, se tiene que:

$$\text{Vol. absoluto de agregado} = \text{Vol. Total} - \text{Vol. absoluto de la pasta} \dots (17)$$

$$\text{Vol. absoluto de agregado} = 1 - 0.33 = 0.67$$

3.2.2.10. Cálculo del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados

Una vez reconocido el volumen absoluto de los agregados en general, se necesita obtener el volumen absoluto del agregado grueso y fino respectivamente, para lo cual es necesario que se determine los módulos de fineza de las combinaciones del agregado (m), conforme se observa en la tabla siguiente:

Tabla 36: Módulo de finura de la combinación de agregados

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Módulo de Finura de la Combinación de Agregados que da las mejores Combinaciones de Trabajabilidad para los Contenidos de Cemento en Bolsas/Metro Cubico indicados			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Rivva López, Diseño de Mezclas



En la tabla 36 se encuentra el valor de los módulos de finezas de las combinaciones del agregado (m), que ofrece la mejor condición de trabajabilidad para el contenido de

cemento en bolsa/m³, entonces para el presente diseño de mezcla:

$$Nro\ de\ bolsas\ de\ cemento\ por\ m^3 = \frac{Factor\ Cemento}{Peso\ de\ la\ Bolsa} = \frac{330.35\ Kg}{42.5\ Kg} = 7.77..... (18)$$

Por lo tanto, interpolando se obtiene que para 7.77 bolsas/m³ de concreto el módulo de fineza de la combinación de agregados ($m = 5.04$).

3.2.2.11. Cálculo del Valor Rf

Es obtenido a partir de la siguiente fórmula:

$$Rf = 100 * \frac{(mg-m)}{(mg-mf)} = 100 * \frac{(6.62-5.04)}{(6.62-2.8)} = 41.36\% (19)$$

Dónde:

Rf: Porcentaje de agregado fino en relación con el volumen absoluto de agregado.

m: Módulo de fineza de la combinación de agregados.

mg: Módulo de fineza del agregado grueso.

mf: Módulo de fineza del agregado fino.

3.2.2.12. Cálculo de los Volúmenes Absolutos del Agregado

Se procede a obtener los volúmenes absolutos de agregado fino y grueso:

$$Vol.\ abs.\ de\ agregado\ fino = Rf * Vol.\ abs.\ del\ agregado$$

$$Vol.\ abs.\ de\ agregado\ fino = 0.4136 * 0.67 = 0.28$$

$$Vol.\ abs.\ de\ agregado\ grueso = 0.67 - 0.28 = 0.39$$

3.2.2.13. Cálculo de los Pesos Secos del Agregado

$$Peso\ seco\ agregado\ fino = Vol.\ abs.\ de\ agregado\ fino * P.\ e.\ del\ agregado\ fino$$

$$Peso\ seco\ agregado\ fino = 0.28 * 2470\ kg/m^3 = 691.6\ kg/m^3$$

$Peso\ seco\ agregado\ grueso = Vol.\ abs.\ de\ agregado\ grueso * P.\ e.\ del\ agregado\ grueso$

$$Pesoseco\ agregado\ grueso = 0.39 * 2450\ kg/m^3 = 955.5\ kg/m^3$$

3.2.2.14. Cálculo de Corrección por Humedad

Contenido de humedad del agregado fino 0.24%

$$Peso\ húmedo\ del\ agregado\ fino = 691.60\ kg/m^3 (1+0.0024) = 693.26\ kg/m^3$$

Contenido de humedad del agregado grueso 0.09%

$$Peso\ húmedo\ del\ agregado\ grueso = 955.50\ kg/m^3 (1+0.0009) = 956.36\ kg/m^3$$

Tabla 37: *Diseño de mezcla final*

Descripción	Peso Seco	Corrección por Humedad	Corrección por Absorción	Pesos Corregidos	Proporciones para una Bolsa
Cemento	330.36 Kg/m ³			330.36 Kg/m ³	1.00
Agregado Fino	691.60 Kg/m ³	1.66	20.54	713.80 Kg/m ³	2.16
Agregado Grueso	955.50 Kg/m ³	0.86	26.09	982.45 Kg/m ³	2.97
Agua	185.00 L/m ³	$\Sigma = 2.52$	$\Sigma = 46.63$	229.11 L/m ³	29.47

3.2.3. *Diseño de Mezcla para los Grupos de Prueba*

Obteniendo la cantidad de dosificación, se calcula el peso de cada material necesario para una tanda de concreto, esto para la elaboración del espécimen cilíndrico de 6" x 12" y 4" x 8", para luego ser sometido al ensayo de compresión.

Las muestras se realizaron de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 38: *Grupos de muestra*

Testigo a Diferentes Temperaturas	Número de Muestras				Parcial	Total
	7 días	14 días	28 días			
Cilindros de Muestra	4" x 8 "	4" x 8 "	4" x 8 "	6" x 12"		
a 40° C	4	4	4	3	15	75
a 65° C	4	4	4	3	15	
a 90° C	4	4	4	3	15	
Con Aditivo Anticongelante	4	4	4	3	15	
Ambiente de -5°C y 0°C	4	4	4	3	15	

Para calcular las diferentes temperaturas de las muestras se usó la fórmula siguiente:

$$TCF = \frac{0.22(TaPa + TcPc) + TwPw}{0.22(Pa + Pc) + Pw} \dots\dots\dots(20)$$

Donde:

- Tcf = Temperatura del concreto fresco (°C)
- Ta = Temperatura de los agregados (°C)
- Pa = Peso seco de los agregados (Kg)
- Tc = Temperatura del cemento (°C)
- Pc = Peso del cemento (Kg)
- Tw = Temperatura del agua (°C)

Tabla 39: *Muestras a diferentes temperaturas*

Descripción	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
	Temperatura de Ambiente -5°C y 0°C	Temperatura del Agua 40°C	Temperatura del Agua 65°C	Temperatura del Agua 90°C
Temperatura del Concreto fresco (°C)	3.66	14.39	21.09	27.80
Temperatura de los Agregados (°C)	5.00	5.00	5.00	5.00
Peso seco de los Agregados (Kg)	83.38	83.38	83.38	83.38
Temperatura del Cemento (°C)	5.00	5.00	5.00	5.00
Peso del Cemento.(Kg)	13.54	13.54	13.54	13.54
Temperatura del Agua (°C)	0	40	65	90
Peso del Agua (Kg)	7.82	7.82	7.82	7.82

Tabla 40: *Muestras con aditivo anticongelante*

Con Aditivo Anticongelante 2% del Peso del Cemento, 20% de Reducción de Agua segun Especificaciones.		
Descripción	Tanda sin Aditivo	Tanda con Aditivo Grupo 4
Cemento (Kg)	13.54	13.54
Agregado Fino (Kg)	35.02	35.02
Agregado Grueso (Kg)	48.36	48.36
Agua (L)	7.82	7.54
Aditivo Anticongelante (Kg)		0.27

3.3. ELABORACIÓN DEL CONCRETO

Una vez obtenidos los diseños de mezclas, se procede con la elaboración del concreto para los vaciados en los 15 moldes, para así realizar el ensayo de los grupos y cumplir con los fines y objetivos de la presente investigación.

Se ejecutó conforme a los procedimientos establecidos en la norma ASTM C31 (2003) que se describe a continuación:

- **Grupo 1:** Se procede a pesar el material para la elaboración del concreto, a temperatura ambiente entre -5°C y 5°C .
- **Grupo 2:** Para este grupo fue necesario considerar la temperatura del material como es el cemento, los agregados fino y grueso. Luego se procede a calentar el agua hasta una temperatura de 40°C para mezclar y tener una temperatura final de concreto fresco “en este grupo primero se vierte el agua y luego los materiales”
- **Grupo 3:** Para este grupo fue necesario considerar la temperatura del material como es el cemento el agregado fino y grueso. Luego se procede a calentar el agua hasta una temperatura de 65°C para así mezclar el concreto y tener una temperatura final de concreto fresco, “en este grupo primero se vierte el agua y luego los materiales”

- **Grupo 4:** Para este grupo fue necesario considerar la temperatura del material como es el cemento, el agregado fino y grueso. Después se procede a calentar el agua hasta una temperatura de 90°C para así mezclar el concreto y tener una temperatura final de concreto fresco “en este grupo primero se vierte el agua y los agregados con el fin de bajar la temperatura porque a una temperatura de 90°C el cemento tiene fraguado violento y no es recomendable”
- **Grupo 5:** En este grupo se ha adicionado aditivos anticongelantes con la misma temperatura de -5°C y 5°C, tomando en cuenta la especificación de los productos y considerando que los aditivos reducen agua en un 20%.

Figura 42: *Fraguado de probetas con aditivo anticongelante*



3.3.1. *Herramientas e Instrumentos Utilizados*

Para la ejecución del mezclado de concreto, fueron necesarios los siguientes instrumentos:

- Balanza.
- Herramientas manuales.
- Mezcladora de 4.5 p³.

- Moldes para vaciado de probetas cilíndricas ASTM C31 (Anexo A).
- Varilla lisa de 5/8" para el apisonado.

3.3.2. *Elaboración de Probetas Cilíndricas*

Las probetas cilíndricas fueron elaboradas acorde a la normatividad señalada en el anexo A, con diámetros de 6" y altura de 12". También, se consideró los apisonados respectivos con una varilla lisa de 5/8" en tres etapas y 25 golpes distribuidos en todas las etapas, con el objetivo de que se reduzca el vacío en la probeta.

Figura 43: *Elaboración de probetas*



3.3.3. *Curado de los Especímenes*

El total de las probetas cilíndricas fueron sumergidas en pozas de curado, las mismas que tenían las condiciones para realizar el control de temperatura de curado, habiéndose mantenido sumergidas a lo largo de 7, 14, y 28 días, según corresponda.



3.4. ENSAYOS REALIZADOS

3.4.1. *Ensayos en Estado Fresco del Concreto*

Luego de realizado el diseño de mezcla se procede con el vaciado de las probetas en su respectivo molde, siendo necesaria la realización de los ensayos en estado fresco del concreto para que se controle los asentamientos o Slump de las mezclas del concreto, factor principal para controlar la trabajabilidad del concreto (Abanto Castillo, 1995).

3.4.1.1. Ensayo de Asentamiento en el Cono de Abrams (ASTM-C143)

El ensayo fue realizado conforme a la norma (ASTM:C143/C143M-20, 2002) y es utilizado para caracterizar los comportamientos de los concretos frescos; los ensayos consisten en que se consolide unas muestras de concretos frescos en unos moldes troncocónicos y medir los asentamientos de las mezclas después de los desmoldados. Los troncocónicos tienen la siguiente medida de 30 cm de altura, con un diámetro inferior en su base de 20 cm y un diámetro de 10cm en su parte superior. Para que se compacte los concretos se utilizan unas barras de acero liso de 5/8” de diámetro y 60 cm de longitud y puntas semiesféricas (Abanto Castillo, 1995).

3.4.1.1.1. *Equipo Utilizado*

- Varilla Lisa de 5/8”.
- Cono de Abrams.

3.4.1.1.2. *Descripción del Proceso*

- Los moldes se colocan encima de una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóviles pisándose la aleta. En seguida se vierten unas capas de concretos hasta un tercio del volumen. Se apisonan con las varillas, aplicándose 25 golpes, distribuidos igualmente.

- Enseguida se coloca otras dos capas con los mismos procedimientos a un tercio del volumen y consolidándose, de manera que las barras penetren en las capas inmediatas inferiores.
- La tercera capa debe ser llenada en exceso, para que después enrasen a la terminación de las consolidaciones. Llenos y enrasados los moldes, se levanta en forma lenta y con cuidado en direcciones verticales.
- Los concretos moldeados frescos se asientan. Las diferencias entre las alturas de los moldes y las alturas de las mezclas frescas se denominan Slump.
- Se estima que desde el inicio de las operaciones hasta el término no debe transcurrir más de 2 minutos, luego los procesos de desmoldeo no tomará más de cinco segundos.

Figura 44: *Prueba de Slump*



3.4.2. *Ensayos en Estado Endurecido del Concreto*

3.4.2.1. **Ensayo de Resistencia a Compresión**

Este ensayo fue realizado conforme a la norma ASTM:C39/C39M-17 (2002) consiste en las aplicaciones de cargas axiales en las partes superiores de las probetas, de forma constante hasta que alcancen las roturas de los especímenes de pruebas, siendo la

resistencia a las compresiones de los cocientes, resultantes de las máximas cargas aplicadas entre las áreas promedio de las probetas antes de que ocurran las roturas de las mismas.

Se emplean las resistencias a compresión por la facilidad en la realización del ensayo y el hecho de que la mayoría de las propiedades de los concretos mejoran aumentando estas resistencias. Las resistencias en compresión de los concretos son las cargas máximas para unas unidades de las áreas por unas muestras, antes de que fallen por compresiones (agrietamientos, roturas), (Abanto Castillo, 1995).

Las resistencias a las compresiones de las probetas cilíndricas se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$f'c = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right); A = \frac{\pi\phi^2}{4} \dots\dots\dots (21)$$

Dónde:

$f'c$: Es la resistencia de rotura a la compresión del concreto. (kg/cm²).

P: Carga de rotura (kg).

ϕ : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm).

A: Área promedio de la probeta (cm²).

Equipo utilizado

- Máquina de prueba.
- Bloques de acero con caras duras. (Anillos con neopreno).

Tipo de fractura

Según la norma NTP:339.034 (2015) el tipo de fracturas que puede presentar es:

- a. Cono bien formado en los dos extremos.
- b. Conos bien firmes en unos extremos con grieta vertical.
- c. Grieta columnar y cono mal formado.
- d. Fracturas diagonales, sin grieta.

e. Fractura lateral en las partes superiores o inferiores.

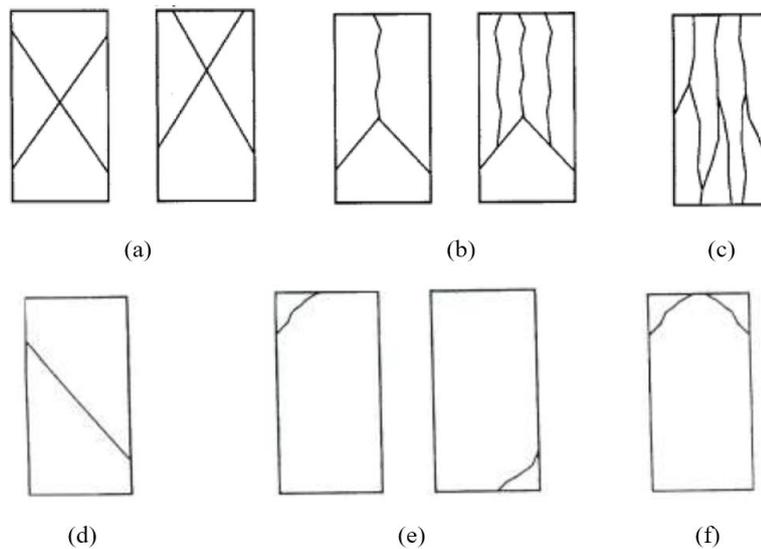
f. Fractura lateral en las partes superiores.

Fuente: (NTP:339.034, 2015)

Figura 45: Ruptura de probetas



Figura 46: Tipos de fractura de probetas



Fuente: (NTP:339.034, 2015)

3.4.3. Ensayos en Estado Fresco del Concreto

Las pruebas estándar de asentamientos o Slump ASTM C143 (1986), ha sido usada por muchos años para medir la consistencia del concreto en estado plástico. Esta prueba tomada en laboratorio, es considerada razonablemente precisa, sin embargo,

existen numerosas desventajas en el desarrollo de esta prueba en el campo, siendo uno de ellos el tiempo requerido para realizar la prueba.

El método de prueba estándar del cono de Abrams está además sujeto a habilidades personales al momento del muestreo, rigidez y suavidad de la base, amortiguamiento del aparato, llenado de cono, compactación, enrasado de cono y selección del punto en el cual el Slump es medido.

3.4.4. Ensayos de Revenimiento Cono de Abrams

3.4.4.1. Interpretación de Resultados

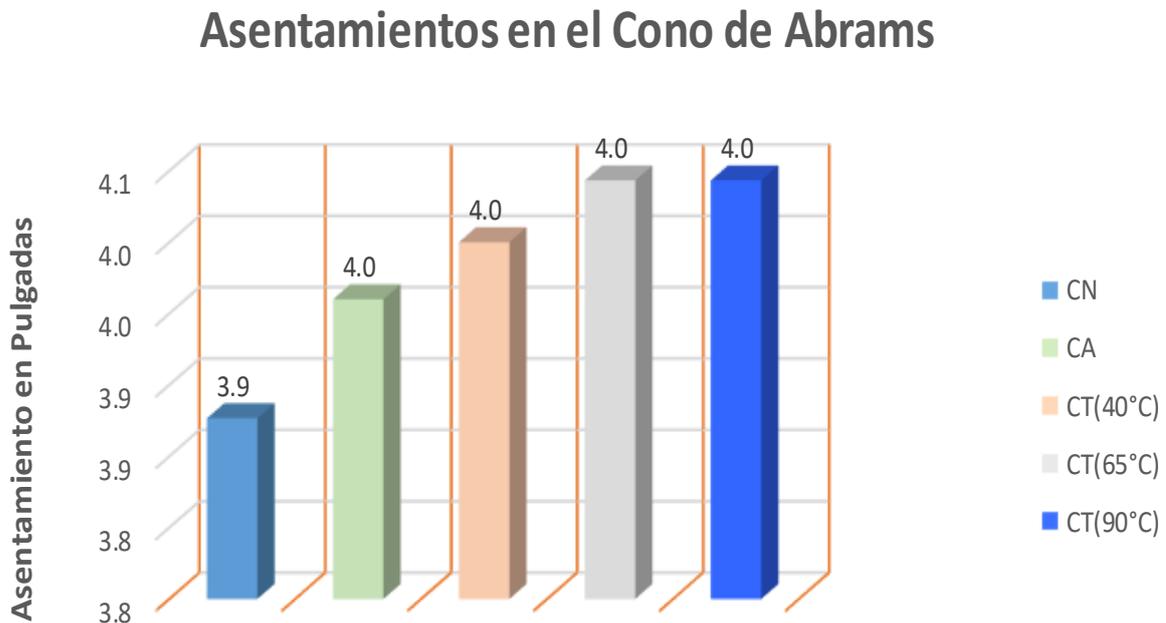
Realizado este ensayo, se presentan en la tabla 41 las mediciones obtenidas para todos los grupos de control.

Tabla 41: Datos del asentamiento para los grupos de muestra

Asentamiento en el Cono de Abrams					
Descripción	Fecha de Ensayo	Mediciones Tomadas			Promedio (")
		1ro	2do	3ro	
Ambiente de -5°C y 5°C	04/12/2022	4.00	3.88	3.75	3.9
a 40° C	08/12/2022	4.00	3.80	3.70	3.8
a 65° C	10/12/2022	3.88	4.00	4.25	4.0
a 90° C	12/12/2022	4.00	3.50	3.00	3.5
Con Aditivo Anticongelante	11/12/2022	3.88	3.75	4.25	4.0

Con los asentamientos obtenidos, se observa que para estos grupos están comprendidos entre 3" a 4", cumpliéndose así el asentamiento de diseño de mezcla (el cual garantiza una consistencia plástica y trabajabilidad adecuada); además el aditivo anticongelante tiende a asentarse rápidamente, dicha situación puede observarse gráficamente a continuación:

Figura 47: Asentamiento en el cono de Abrams



3.4.4.2. Discusión de Resultados

Por lo tanto, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la preparación del concreto en ambientes con temperaturas entre -5°C y 5°C el asentamiento varió en un 3% afectando su trabajabilidad y con el aditivo anticongelante el asentamiento varió en un 3% a 6%, esto indica que el aditivo es más trabajable a esas temperaturas.

Mientras que con el uso del agua caliente a una temperatura a 40°C la temperatura del concreto se eleva a 17.28°C y esta temperatura tiende a bajar rápidamente porque el ambiente es de -5°C y 5°C , el asentamiento tiene una variación del 5% que afecta la trabajabilidad del concreto.

Asimismo, con el uso del agua caliente a una temperatura a 65°C la temperatura del concreto se eleva a 26.05°C y esta temperatura tiende a bajar lentamente porque el ambiente es de -5°C y 5°C , el asentamiento tuvo una variación del 3% que no afecta la trabajabilidad del concreto.

Por otro lado, con el uso del agua caliente a una temperatura a 90°C la temperatura del concreto se eleva a 34.82°C y esta temperatura elevada podría ser ideal pero el concreto tiende a fraguar rápidamente y afecta su trabajabilidad y asentamiento, tiene una variación del 12%.

3.5. ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO

3.5.1. Comparación de la Resistencia a Compresión

Una vez validados los datos obtenidos de resistencia a la compresión (para todos los grupos de control), se presenta en la tabla 42, en los cuales se observa la evolución de resistencia (7, 14 y 28 días) para todos los grupos de control “CN”, “CA”, “CT (40°C)”, “CT (65°C)”, y “CT (90°C)”

Tabla 42: comparación de resistencias de los grupos

Evolución de las Resistencia de acuerdo a los grupos de control para un concreto 210 kg/cm ²				
Grupos de Estudio	Temperaturas inferiores a 5°C	Resistencia Alcanzado.	Edad (días)	% Promedio de Resistencia
1 - Concreto Normal (CN)	menor a 5°C	134.44	28 días	67 %
	menor a 5°C	141.11	14 días	
	menor a 5°C	144.32	7 días	
2 - Concreto con agua Caliente CT(40°C)	menor a 5°C	155.64	28 días	76 %
	menor a 5°C	159.12	14 días	
	menor a 5°C	162.35	7 días	
3 - Concreto con agua Caliente CT(65°C)	menor a 5°C	215.94	28 días	112 %
	menor a 5°C	238.95	14 días	
	menor a 5°C	252.46	7 días	
4 - Concreto con agua Caliente CT(90°C)	menor a 5°C	224.6	28 días	115 %
	menor a 5°C	247.99	14 días	
	menor a 5°C	252.18	7 días	
5 - Concreto con aditivo (CA)	menor a 5°C	221.78	28 días	107 %
	menor a 5°C	224.65	14 días	
	menor a 5°C	229.18	7 días	

Figura 48: Evolución de la resistencia, para los grupos de prueba

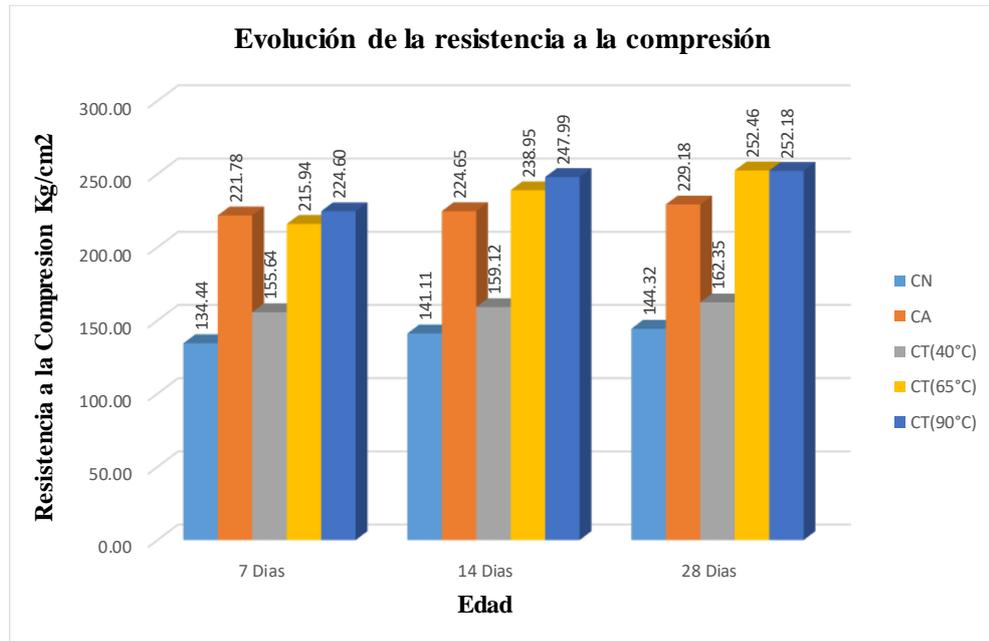
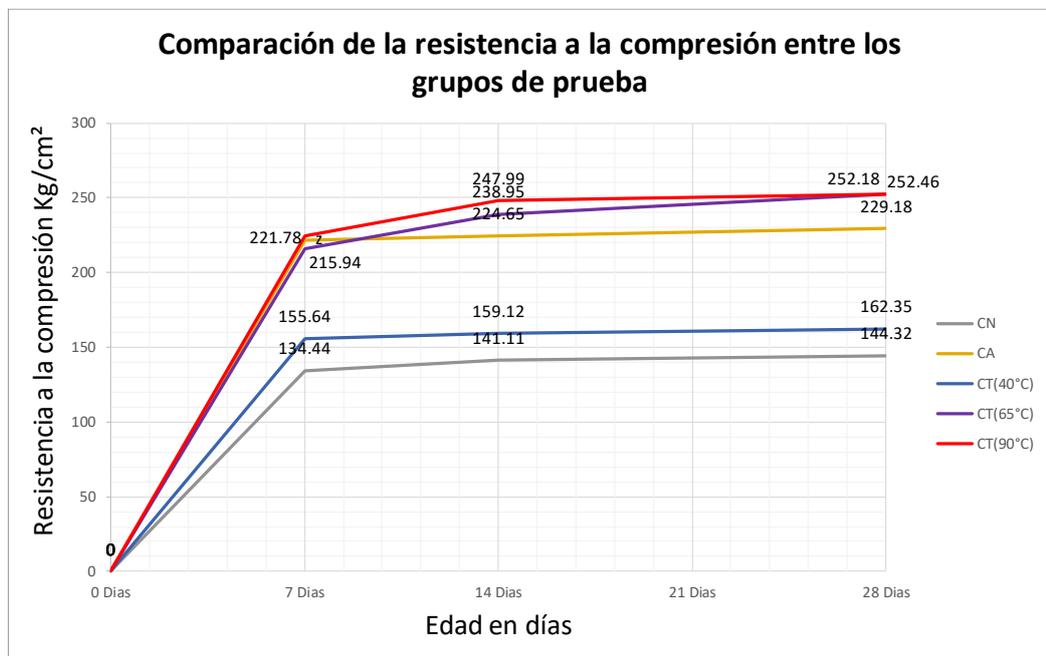


Figura 49: Curvas de evolución de la resistencia para los grupos de prueba



Interpretando los datos de la figura 49, se observa que las resistencias a la compresión a los 28 días de edad que se adquiere para el concreto normal “CN” a una



temperatura inferior de 5 °C, es de 144.32 kg/cm², no logrando así la resistencia de diseño (210 kg/cm²). En cuanto al resultado de la prueba de resistencia a la compresión a los 28 días de edad obtenida para la probeta en la que fue preparada con aditivo anticongelante y agua caliente observamos que son superiores al del concreto normal “CN”, en todo el grupo de control.

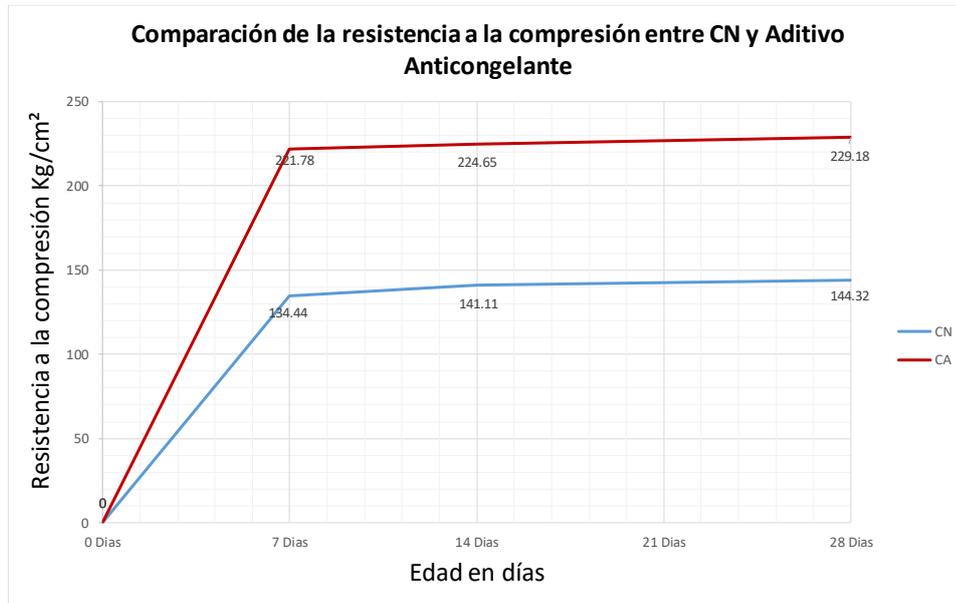
3.5.2. Interpretación de Datos Entre el Concreto Normal “CN” y el Concreto con Aditivo Anticongelante

De la figura 50, se aprecia que la resistencia promedio desarrollada a los 7 días por el concreto con aditivo anticongelante es de 221.78 kg/cm² y representa el 164.97% con relación a las resistencias obtenidas por el concreto normal (134.44 kg/cm²); verificándose así un incremento en la resistencia a la compresión de 64.97%.

La resistencia promedio desarrollada a los 14 días por el concreto con aditivo anticongelante es de 224.65 kg/cm² y representa el 159.20% con relación a las resistencias obtenidas por el concreto normal (141.11 kg/cm²), verificándose así un incremento en la resistencia a la compresión de 59.20%.

Por último, la resistencia promedio desarrollada a los 28 días por los concretos con aditivos anticongelantes es de 229.18 kg/cm² y representa el 158.80% con relación a las resistencias alcanzadas por los concretos normales (144.32 kg/cm²); registrándose así un incremento en la resistencia a la compresión de 58.80%.

Figura 50: Comparación de la resistencia entre CN y aditivo anticongelante



3.5.3. Interpretación de Datos entre el Concreto Normal “CN” y el Concreto con Agua Caliente CT(40°C)

De la figura 51, se puede apreciar lo siguiente:

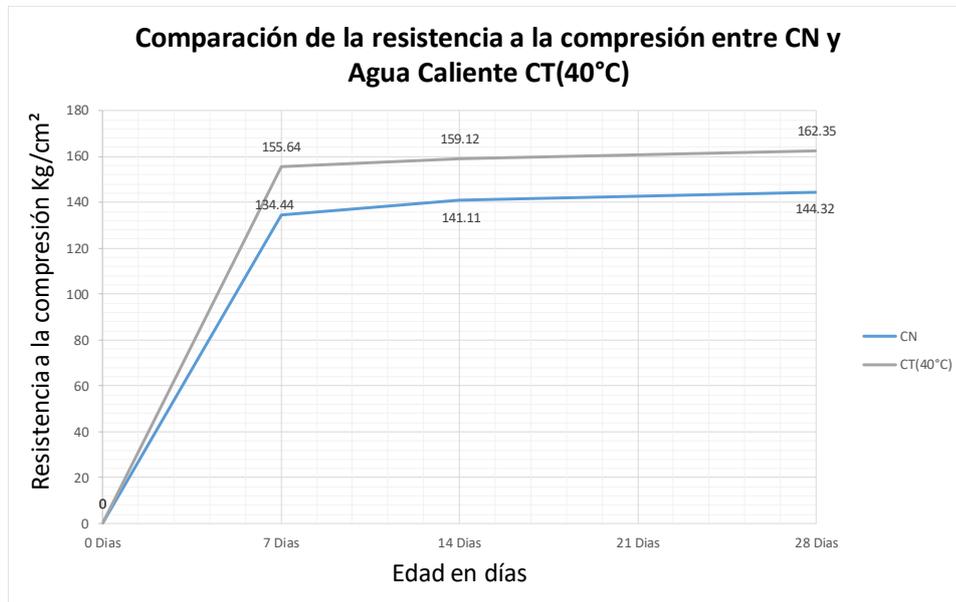
La resistencia promedio desarrollada a los 7 días por el concreto con agua caliente a la temperatura de CT(40°C) fue de 155.64 kg/cm² y representa el 115.77% mayor con relación a las resistencias obtenidas por el concreto normal CN, que fue de (134.44 kg/cm²). Verificándose así, un aumento en la resistencia a la compresión de 15.77%.

La resistencia promedio desarrollada a los 14 días por el concreto con agua caliente a la temperatura de CT(40°C) fue de 159.12 kg/cm² y representa el 112.76% con relación a las resistencias obtenidas por el concreto normal CN que fue de (141.11 kg/cm²). Teniéndose así un aumento en la resistencia a la compresión de 12.76%.

La resistencia promedio desarrollada a los 28 días para el concreto con agua caliente a la temperatura de CT(40°C) fue de 162.35 kg/cm² y representan el 112.49%

con relación a la resistencia obtenida por el concreto normal CN (144.32 kg/cm²), registrándose así un aumento en la resistencia a la compresión de 12.49%.

Figura 51: Comparación de la resistencia entre CN y agua caliente CT(40°C)



3.5.4. Interpretación de Datos Entre el Concreto Normal “CN” y el Concreto con Agua Caliente CT(65°C)

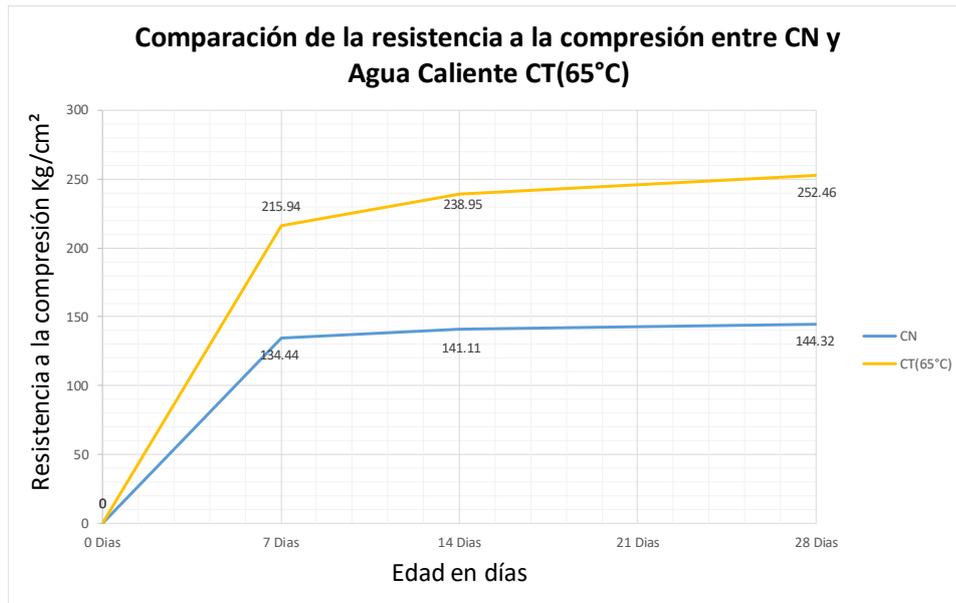
De acuerdo a la figura 52, se observa que:

La resistencia promedio desarrollada a los 7 días por el concreto con agua caliente a la temperatura de CT(65°C) fue de 215.94 kg/cm² y representa el 160.62% con relación a la resistencia obtenida por el concreto normal CN (134.44 kg/cm²). Teniéndose así un incremento en la resistencia a la compresión de 60.62%.

La resistencia promedio desarrollada a los 14 días por el concreto con agua caliente a la temperatura de CT(65°C) fue de 238.95 kg/cm² y representa el 169.34% con relación a la resistencia obtenida por el concreto normal CN (141.11 kg/cm²). Teniéndose así un incremento en las resistencias a las compresiones de 69.34%.

La resistencia promedio desarrollada a los 28 días por los concretos con agua caliente a la temperatura de CT(65°C) fue de 252.46 kg/cm², representa el 174.93% con relación a las resistencias alcanzadas por el concreto normal CN (144.32 kg/cm²). Teniéndose así unos incrementos en las resistencias a las compresiones de 74.93%.

Figura 52: Comparación de la resistencia entre CN y agua caliente CT(65°C)



3.5.5. Interpretación de Datos Entre el Concreto Normal “CN” y el Concreto con Agua Caliente CT(90°C)

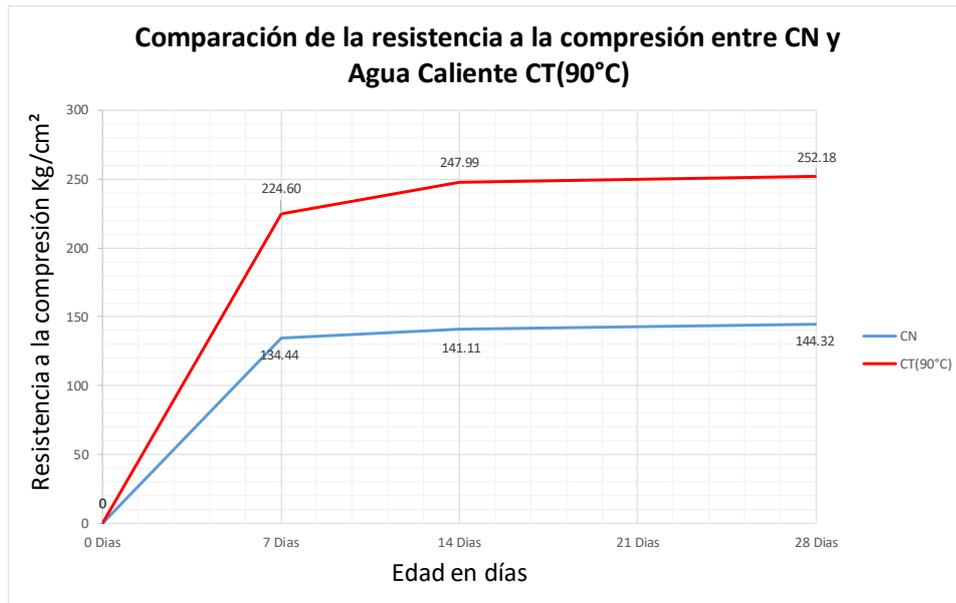
De acuerdo a la figura 53, se observa que:

La resistencia promedio desarrollada a los 7 días por el concreto con agua caliente a una temperatura de CT(90°C) fue de 224.60 kg/cm² y representa el 167.06% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal CN (134.44 kg/cm²), verificándose así un incremento en la resistencia a la compresión de 67.06%.

La resistencia promedio desarrollada a los 14 días por el concreto con agua caliente a una temperatura de CT(90°C) fue de 247.99 kg/cm² y representa el 175.74% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal CN (141.11 kg/cm²), verificándose así un incremento en la resistencia a la compresión de 75.74%.

La resistencia promedio desarrollada a los 28 días por el concreto con agua caliente a una temperatura de $CT(90^{\circ}C)$ fue de 252.18 kg/cm^2 , representa el 174.73% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal CN (144.32 kg/cm^2), verificándose así un incremento en la resistencia a la compresión de 74.73%.

Figura 53: Comparación de la resistencia entre CN y agua caliente $CT(90^{\circ}C)$



3.5.5.1. Análisis de Costos del Concreto

Un aspecto importante en el crecimiento de algunas construcciones son los relacionados con lo económico. Si una solución en particular de un proyecto requiere costos excesivos, se buscarán soluciones que proporcionen un costo no tan elevado, con la finalidad de que se obtenga el costo unitario para el material.



Tabla 43: *Costos de materiales*

Costo de los Materiales	
Cemento (kg)	0.52 Soles
Agregado Fino (m ³)	30.00 Soles
Agregado Grueso (m ³)	30.00 Soles
Agua (l)	0.02 Soles
Aditivo Anticongelante (Kg)	4.20 Soles
Acelerante de Fragua (Kg)	20.00 Soles
Incorporador de aire (Kg)	10.00 Soles
Planta de Concreto (m ³)	25.00 Soles
Transporte Mixer (m ³)	15.00 Soles
Bomba Telescópica (m ³)	15.00 Soles
Utilidad (m ³)	15.00 Soles

Tabla 44: *Costos por metro cúbico de concreto en planta*

Producción de Concreto en Planta Tanda para 1m ³				
Descripción	Tanda para 1m ³ de concreto	Costo 1m ³ sin Aditivo	Costo 1m ³ con Aditivo Anticongelante	Costo 1m ³ con Aditivo Acelerante e Incop. Aire
Cemento	330.36 kg/m ³	171.01 Soles	171.01 Soles	171.01 Soles
Agregado Fino	713.80 kg/m ³	12.75 Soles	12.75 Soles	12.75 Soles
Agregado Grueso	982.45 kg/m ³	18.81 Soles	18.81 Soles	18.81 Soles
Agua	229.11 kg/m ³	4.58 Soles	4.58 Soles	4.58 Soles
Aditivo Anticongelante (kg)		-	27.75 Soles	-
Acelerante de Fragua (kg)		-	-	79.29 Soles
Incorporador de aire (kg)		-	-	6.94 Soles
Planta de Concreto (m ³)		25.00 Soles	25.00 Soles	25.00 Soles
Transporte Mixer (m ³)		15.00 Soles	15.00 Soles	15.00 Soles
Bomba Telescópica (m ³)		15.00 Soles	15.00 Soles	15.00 Soles
Utilidad(m ³)		15.00 Soles	15.00 Soles	15.00 Soles
	Costo (1m³)=	277.14 Soles	304.89 Soles	363.37 Soles



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Según el objetivo general, determinar la influencia que existe entre el uso del agua caliente y el aditivo anticongelante en la resistencia del concreto en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno, reflejados en los resultados obtenidos en los ensayos efectuados en laboratorio según la tabla 42, figura 48 nos demuestra que existe un nivel considerable de incidencia de estos factores en la resistencia, como muestran en las pruebas de hipótesis en el anexo (D-1 al D-12), por lo tanto, aceptamos la hipótesis general.

4.1.1. Dando Respuesta al Primer Objetivo de Investigación que la Temperatura del Agua Caliente a 40°C Influye en la Resistencia del Concreto Premezclado 210 kg/cm² en Zonas Alto Andinas con Temperaturas Inferiores a 5°C de la Región Puno

En cuanto a los resultados obtenidos en los ensayos efectuados en el laboratorio nos certifican que estas resistencias a la compresión según anexos (A-8, A-9), que existe un nivel bajo de incidencia de este factor de temperatura del agua caliente a 40°C ya que se obtuvo una resistencia a la compresión de 159.12 kg/cm² mayor que el concreto normal CN 141.11 kg/cm² a los 28 días, en porcentajes es un 12.76% de mayor resistencia pero no alcanzo a la resistencia de diseño porque esta temperatura es aún bajo por lo tanto afirmamos que existe relación de este factor de temperatura en la resistencia del concreto y según la prueba de hipótesis del anexo (D-6), se obtuvo para un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y $z=1.645$. con estos resultados obtenidos de la prueba de hipótesis se llegó a determinar mediante el estadístico de prueba $Z_o=-29.71$ en donde se ubicó en la región de rechazo por lo tanto se rechazó la hipótesis nula (H_o).



Puesto que $Z_0 = -29.717$ es menor < -1.645 , se rechaza $H_0: u_1 \geq u_2$ y se acepta $H_a: u_1 < u_2$; y se concluye que: La resistencia a la compresión a los 28 días desarrollada con el agua caliente a 40°C , es mayor que la resistencia desarrollada que por el Concreto Normal.

Vistos las investigaciones realizados por los autores y comparando los resultados con nuestra investigación afirmamos que la temperatura del agua de mezclado o el medio ambiente donde se elabora la mezcla afecta en su resistencia como los encontrados por **Pérez Ones, Díaz Rodríguez, Zumalacárregui, & Gozá León (2010)**, explica que existe un cambio de resistencia frente a los ciclos del hielo deshielo donde verifico durante dos meses junto a sus variables definidas del concreto como a/c, el curado y la temperatura del medio ambiente donde se realizan los trabajos estos ciclos de hielo deshielo no solo afecta en la resistencia mecánica sino también en el deterioro interno y externo del concreto además un contenido mayor de agua dentro de la mezcla predispone a un mayor deterioro en su estructura a que el concreto tenga mayor porosidad y absorción y pérdida de masa y el deterioro ocurre en las primeras horas de hidratación del concreto, nos indica también **Llanos Peña (2015)** que las temperaturas adecuadas para lograr una mayor resistencia fueron 10:00 am en este horario el concreto experimento mayores resistencias y calentar en horarios nocturnos favorece en el desarrollo de las propiedades mecánicas del concreto por otra parte **Mamani Chipana & Chambi Mamani (2020)** refiere que en un menor tiempo de fraguado se genera un bajo calor de hidratación además los concretos elaborados a temperaturas de 5°C no responden satisfactoriamente al comportamiento requerido en relación a su resistencia de diseño de concretos a los 28 días.

Además, rechazamos las conclusiones de **Zapata Coacalla (2007)**, quien afirma que en un concreto elaborado con cemento Puzolánico 1p, expuesto a un clima híbrido



no interrumpe el proceso de fraguado y se llega a obtener el 100% de su resistencia de diseño a los 28 días.

Por estas razones afirmamos que la temperatura del agua caliente a 40°C influye en la resistencia del concreto como comprobamos en nuestra investigación tal relación, así el cambio de temperatura fuera mínimo, este cambio es transmitido a la resistencia del concreto.

4.1.2. Dando Respuesta al Segundo Objetivo de Investigación que la Temperatura del Agua Caliente a 65°C Influye en la Resistencia del Concreto Premezclado 210 kg/cm² en Zonas Alto Andinas con Temperaturas Inferiores a 5°C de la Región Puno

Los resultados obtenidos en los ensayos efectuados en el laboratorio nos certifican que estas resistencias a la compresión según anexos (A-8, A-10), que existe relación en un nivel mayor de este factor de temperatura del agua caliente a 65°C ya que se obtuvo una resistencia a la compresión de 252.46 kg/cm² mucho mayor que el concreto normal CN 144.32 kg/cm² a los 28 días, en porcentajes es un 74.93% de mayor resistencia logrando así la resistencia de diseño, por lo tanto afirmamos que existe relación significativa de este factor de temperatura en la resistencia del concreto y según la prueba de hipótesis del anexo (D-9), se obtuvo para un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y $z=1.645$. con estos resultados obtenidos de la prueba de hipótesis se llegó a determinar mediante el estadístico de prueba $Z_o=-152.710$ en donde se ubicó en la región de rechazo por lo tanto se rechazó la hipótesis nula (H_o).

Puesto que $Z_o=-152.710$ es menor < -1.645 , se rechaza $H_o:u_1 \geq u_2$ y se acepta $H_a:u_1 < u_2$; y se concluye que: La resistencia a la compresión a los 28 días desarrollada con el agua caliente a 65°C, es mucho mayor que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.



De la misma manera comparando nuestro estudio con las investigaciones realizadas por los autores y sus respectivas conclusiones donde afirma **Filio Chagua (2019)** las muestras de hormigón que fueron colocados en un depósito de curado acelerado durante un periodo de 12 horas y enfriados durante un periodo de 7 horas fueron similares a las resistencias alcanzadas por el curado normal en el periodo estándar de 28 días, menciona también **Castro Saavedra (2014)**, que la temperatura más óptima del agua para la preparación del hormigón fue de 60°C ya que con esta temperatura se alcanzó las mayores resistencias a los 28 días, por otra parte **Huaricancha Cristóbal (2018)** indica que a un mayor temperatura del ambiente se obtiene buenos resultados en la producción de los concretos y se garantiza que mejora la resistencia a la compresión del hormigón y por último **Colina Camacho, Garcia Leon, & Reyes Serrano (2014)**, en su investigación nos indica que un diseño de mezcla es válido para una sola dosificación del hormigón, el inicio del fraguado en ningún caso inicia antes de las 8 horas, a la temperatura de 50°C se alcanza el fraguado más rápido, en las primeras horas se dan las mayores reacciones químicas, además la temperatura es uno de los factores que afecta la resistencia del concreto en una estructura.

Haciendo una comparación estas investigaciones con la presente investigación existe relación ya que la temperatura del agua a 65°C que se empleó en la preparación de la mezcla fue la más óptima, con ello se pudo obtener las mayores resistencias del concreto, siempre manteniendo las variables definidas como la relación agua cemento, tipo de cemento, los agregados grueso y fino, el slump definido, curado del concreto y medio ambiente etc.



4.1.3. Dando Respuesta al Tercer Objetivo de Investigación que la Temperatura del Agua Caliente a 90°C Influye en la Resistencia del Concreto Premezclado 210 kg/cm² en Zonas Alto Andinas con Temperaturas Inferiores a 5°C de la Región Puno

Los resultados obtenidos en los ensayos efectuados en el laboratorio nos certifican que estas resistencias a la compresión según anexos (A-8, A-11), que existe relación en un nivel mayor de este factor de temperatura del agua caliente a 90°C ya que se obtuvo una resistencia a la compresión de 252.18 kg/cm² mucho mayor que el concreto normal CN 144.32 kg/cm² a los 28 días, en porcentajes es un 74.73% unos 0.2% menos que la resistencia anterior “uso del agua caliente a una temperatura de 65°C” así alcanzando la resistencia de diseño por lo tanto afirmamos que existe relación significativa de este factor de temperatura en la resistencia del concreto y según la prueba de hipótesis del anexo (D-12), se obtuvo para un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y $z=1.645$. con estos resultados obtenidos de la prueba de hipótesis se llegó a determinar mediante el estadístico de prueba $Z_o=-145.866$ en donde se ubicó en la región de rechazo por lo tanto se rechazó la hipótesis nula (H_o).

Puesto que $Z_o=-145.866$ es menor < -1.645 , se rechaza $H_o:u_1 \geq u_2$ y se acepta $H_a:u_1 < u_2$; y se concluye que: La resistencia a la compresión a los 28 días desarrollada con agua caliente a 90°C, es mayor que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.

Estos resultados comparados con los encontrados por **Ortiz Lozano, Aguado de Cea, Zermeño de León, & Alonso Farrera (2007)** indica en su investigación que cuya finalidad principal fue de mejorar la dosificación del hormigón fabricado bajo condiciones elevadas de temperatura en los periodos de los meses de verano el hormigón premezclado sufre efectos perjudiciales sobre sus prestaciones en los estados frescos y



endurecido los resultados precisan que cuando menores son las variaciones de las temperaturas del hormigón, mejores son los resultados relativos a prestaciones mecánicas; según estas investigaciones realizadas por estos autores la temperatura ambiental influye en las propiedades del concreto a prestaciones mecánicas menciona también que los agregados forman parte importante en el comportamiento de la temperatura.

Por otra parte, **Palacios Almendro (2019)**, sostiene que si iniciamos con un curado normal y luego con un curado acelerado de agua hirviendo incrementan sus resistencias a la compresión simple del concreto; y si iniciamos con curado acelerado y luego con curado normal la resistencia del concreto es de menor resistencia que la anterior.

Comparando estas conclusiones con los encontrados en nuestra investigación la temperatura favorece en su resistencia hasta ciertos límites tal como precisa la norma **(NTP:339.114, 2012)**. La máxima temperatura del concreto producido con agregados calentados, agua caliente, o ambos, no debe exceder de 32°C en ningún instante durante su producción o transporte, además cuando se utiliza agua caliente se puede presentar un rápido fraguado del concreto si es que el agua caliente es puesta en contacto directo con el cemento según las recomendaciones del ACI 306R. por esta razón se vierte primero el agua caliente a 90°C en la mezcladora junto con los agregados y así disipar el calor del agua, finalmente el cemento.

Concluimos que la temperatura del agua caliente a 90°C favorece en la resistencia del concreto con las recomendaciones indicadas anteriormente pero no recomendamos su uso porque requiere un control estricto de la temperatura.

4.1.4. Dando Respuesta al Cuarto Objetivo de Investigación que las Temperaturas y el Aditivo Anticongelante en la Resistencia del Concreto Premezclado 210 kg/cm² en Zonas Alto Andinas con Temperaturas Inferiores a 5°C de la Región Puno.

Se determinó también la incidencia del aditivo en la resistencia del concreto según los resultados hallados según anexos (A-8, A-12), que existe relación en un nivel mayor de este factor aditivo anticongelante comparado con el concreto normal CN en la resistencia del concreto ya que se obtuvo una resistencia a la compresión de 229.18 kg/cm² mayor que el concreto normal CN 144.32 kg/cm² a los 28 días, en porcentajes es un 58.80% de mayor resistencia así alcanzando la resistencia de diseño por lo tanto afirmamos que existe relación significativa de este factor en la resistencia del concreto y según la prueba de hipótesis del anexo (D-3), se obtuvo para un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y $z=1.645$. con estos resultados obtenidos de la prueba de hipótesis se llegó a determinar mediante el estadístico de prueba $Z_o=-104.232$ en donde se ubicó en la región de rechazo por lo tanto se rechazó la hipótesis nula (H_o).

Puesto que $Z_o=-104.234$ es menor < -1.645 , se rechaza $H_o:u_1 \geq u_2$ y se acepta $H_a:u_1 < u_2$; y se concluye que: La resistencia a la compresión a los 28 días desarrollada con Aditivo Anticongelante, es mayor que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.

Estos resultados al ser comparados con **Arcos Rodríguez (2014)** quien afirma que un aditivo que incorpora aire se logra incrementar en un 250% el contenido de aire y así brindar las características necesarias para neutralizar los ciclos de congelamiento y deshielo; con estos aditivos superplastificantes y incorporadores de aire el periodo de fraguado inicial disminuye con respecto al concreto patrón también reduce la cantidad de agua y cemento y así lograr un adecuado peso unitario del concreto, además **Nieto Osorio**



(2007) explica que los diseño de mezcla se realizaron con diferentes relaciones a/c, y tres dosificaciones con el aditivo Glenium 3030NS (0.39,0.78 y 1.17% del peso del cemento) en esta investigación se determinó el asentamiento, la fluidez, peso unitario, exudación, periodo de fragua, y sus resistencias a la compresión cumpliendo con la norma ASTM C-494 tipo f; el periodo de fraguado inicial y final de los concretos con aditivo Glenium 3030NS creció con respecto al patrón, en otras palabras el periodo de fraguado se retardo, por lo tanto, el aditivo Glenium 3030NS actúa como un aditivo reductor de agua retardante y es un buen concreto autonivelante, por otra parte **Montoya, Cadavid, & Astrid Gómez (2009)**, Concluye que en su investigación se seleccionó un aditivo retardante a base de lignosulfonatos reformados, y se usó un aditivo acelerante de fraguado libre de álcalis elaborado a base de sales orgánicos, se halló que con las diferentes dosis de aditivo retardante que fueron usados, el comportamiento del concreto, lote a lote son parecidos; para mayores tiempos de fraguado inicial se obtuvo mayores tiempos de fraguado final y las propiedades mecánicas de la muestra patrón de referencia no se vieron afectados con la adición del aditivo, y la cantidad de aditivo optimo fue el 6%.

Luego **Cubas Miranda (2019)** afirma que el porcentaje perfecto del aditivo tipo E Accelguard 90 fue del 4% asimismo para el Z Fragua #5 fue del 2%. El Accelguard 90 incremento las resistencias a compresión en un 33% a los 3 días y 7 días, 23% a los 14 días y 18% a los 28 días; disminuyó el periodo de fraguado inicial y final en 80,98 minutos respectivamente y demostró excelentes resultados. El Z Fragua #5 generó además efectos positivos en las propiedades del concreto, pero en un porcentaje menor. Se probó finalmente que el aditivo Accelguard 90 satisface con los requisitos de la norma (ASTM:C494/C494M-08a, 2002), apoyándose en disminuciones mínimas de 60 minutos en el periodo de fraguado, y en el aumento mínimo de 25% en las resistencias a la



compresión a 3 días y de 10% en edades de 7 y 28 días, finalmente **Mayta Rojas (2014)** recomienda que las adicionamos diferentes dosis de aditivo RHEOBUILD VE (250, 450, 650, 850 y 1050 ml por cada 100 kg de cemento), consiguiendo así los diseños de mezclas experimentales; el incremento del aditivo en las mezclas causó en la mayoría un breve retraso en el periodo de fraguado con respecto al concreto patrón, siendo estas estimaciones mayores para las dosis de 1050 ml. Este retardo se debe a la naturaleza o composición química del aditivo, elaborado con sales de condensado de naftaleno sulfonado y formaldehído (SNF) en base a las síntesis obtenidas, se aprecia que la utilización del aditivo afecta en el periodo de fraguado del concreto, la adición del aditivo en las mezclas de concreto causó un incremento de la resistencia a la compresión además se observa que la utilización del aditivo incide en la resistencia mecánica del concreto, por otro lado **Pérez Ones, Díaz Rodríguez, Zumalacárregui, & Gozá León (2010)** sostiene que el logro de los modelos y sus procesos depende enteramente de una apropiada descripción de sus propiedades físicas y termodinámicas y del equilibrio de las fases que forman el sistema objeto de análisis y conocimiento, en este campo son adecuados para la evaluación de las propiedades físicas y modelos que permiten hallar las propiedades termodinámicas de las mezclas etanol agua como: entalpía, capacidad calorífica, calor integral de solución, calor latente, entropía y coeficiente de actividad que correlaciona estadísticamente las variables independientes y dependientes para una alta confiabilidad.

En esta parte de los resultados encontrados en nuestra investigación consideramos más importantes porque se hace uso de nuevas tecnologías como los aditivos anticongelantes y estos al ser mezclados con el agua cambian su punto triple del diagrama de fases del agua como el punto de congelación, vaporización, fusión, sublimación a una determinada presión y humedad esta mezcla de aditivo y agua tiene una interacción



química directa con el cemento por eso es importante conocer el tipo de cemento a usar porque la respuesta del cemento puzolanico tipo 1P es distinto al tipo I u otros cementos estos al ser aplicados a los concretos en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C cambian las propiedades del concreto como su inicio del fraguado y en su fraguado final a causa de esta reacción química.

Donde concluimos la influencia del medio ambiente afecta la resistencia del concreto y está considerada así en diferentes artículos del ACI y otras investigaciones que anteceden a nuestra investigación como los aditivos incorporadores de aire, retardadores de fragua, acelerantes de fragua, reductores de agua, etc. como un factor importante que influye en el fraguado del concreto.

Tabla 45: *Conclusión de afirmaciones de diferentes autores*

Autor	Conclusión
(Zapata Coacalla, 2007)	Concluye: Que un concreto expuesto a un clima híbrido, no interrumpe el proceso de fraguado y se llega a obtener el 100% de su resistencia de diseño a los 28 días, y el uso del acelerante SIKA RAPID 1, no es eficiente para contrarrestar los efectos del clima híbrido, puesto que aumenta el tiempo tanto en el fraguado inicial como final y el uso del acelerante de fragua llega a obtener el 100% de su resistencia de diseño a edades tempranas menores a los 7 días, dependiendo de la relación a/c a utilizarse, por lo tanto, no genera efectos nocivos en la adquisición de la resistencia final de diseño.
(Colina Camacho, Garcia Leon, & Reyes Serrano, 2014)	Concluye: Los diseños de mezcla son válidos solo para una dosificación del hormigón, el inicio del fraguado en ningún caso inicia antes de las 8 horas, de las temperaturas 18, 30, 50°C el de 50°C alcanza el fraguado mas rápido, en las primeras horas se dan las mayores reacciones químicas, además la temperatura es uno de los factores que afecta la resistencia del concreto en una estructura.
(Huaricancha Cristobal, 2018)	Concluye: Que a mayor temperatura ambiente se obtiene buenos resultados en la producción de los concretos y se garantiza que mejora la resistencia a la compresión del hormigón logrando usar el valor del slump determinado en el diseño de mezclas y trabajabilidad deseada.
(Arcos Rodriguez, 2014)	Concluye: Usando un aditivo que incorpora aire se logra incrementar en un 250% el contenido de aire y así brindar las características necesarias para neutralizar los ciclos de congelamiento y deshielo; con estos aditivos superplastificantes y incorporadores de aire el periodo de fraguado inicial disminuye con respecto al concreto patrón también reduce la cantidad de agua y cemento y así lograr un adecuado peso unitario del concreto.
(Castro Saavedra, 2014)	Concluye: Se realizaron ensayos a diferentes temperaturas 4°C, 18.5°C, 40°C, 60°C, 80°C del agua; que la temperatura más óptima del agua para la preparación del hormigón fue de 60°C ya que con esta temperatura se alcanzó las mayores resistencia a los 28 días, también podemos asegurar que estas resistencias a la compresión del hormigón es influenciada por la temperatura del agua utilizada en el momento de la preparación.
(Nieto Osorio, 2007)	Concluye: Los diseño de mezcla se realizaron con diferentes relaciones a/c, y tres dosificaciones con el aditivo Glenium 3030NS (0.39,0.78 y 1.17% del peso del cemento) en esta investigación se evaluó el asentamiento, la fluidez, peso unitario, exudación, tiempo de fragua, y resistencia a la compresión cumpliendo con la norma ASTM C-494 tipo f; el tiempo de fraguado inicial y final del concreto con aditivo Glenium 3030NS aumenta con respecto al patrón, es decir el tiempo de fraguado se retarda, por lo tanto, el aditivo Glenium 3030NS se comporta como un aditivo reductor de agua retardante y es un buen concreto autonivelante.
(Ortiz Lozano, Aguado de Cea, Zermeno de León, & Alonso Farrera, 2007)	Concluye: Este proyecto de investigación cuyo objetivo principal es el de optimizar la dosificación del concreto fabricado bajo condiciones elevadas de temperatura que durante los meses de verano el concreto premezclado sufre efectos negativos sobre sus prestaciones en estado fresco y endurecido los resultados apuntan a que cuando menores son las variaciones térmicas del concreto, mejores son los resultados relativos a prestaciones mecánicas; según estas investigaciones realizadas por estos autores la temperatura ambiental influye en las propiedades del concreto a prestaciones mecánicas menciona también que los agregados forman parte importante en el comportamiento de la temperatura.
(Montoya, Cadavid, & Astrid Gómez, 2009)	Concluye: En la presente investigación se seleccionó un aditivo retardante a base de lignosulfonatos reformados, y se usó un aditivo acelerante de fraguado libre de álcalis elaborado a base de sales orgánicos, se halló que con las diferentes dosis de aditivo retardante que fueron usados, el comportamiento del concreto, lote a lote son parecidos; para mayores tiempos de fraguado inicial se obtuvo mayores tiempos de fraguado final y las propiedades mecánicas de la muestra patrón de referencia no se vieron afectados con la adición del aditivo, y la cantidad de aditivo optimo fue el 6%.

Tabla 46: *Conclusión de afirmaciones de diferentes autores*

Autor	Conclusión
(Pérez Ones, Díaz Rodríguez, Zumalacárregui, & Gozá León, 2010)	Concluye: El logro de los modelos y sus procesos depende enteramente de una apropiada descripción de sus propiedades físicas y termodinámicas y del equilibrio de las fases que forman el sistema objeto de análisis y conocimiento en este campo los cuales son adecuados para la evaluación de las propiedades físicas y modelos que permiten hallar las propiedades termodinámicas de las mezclas etanol agua como: entalpía, capacidad calorífica, calor integral de solución, calor latente, entropía y coeficiente de actividad que correlaciona estadísticamente las variables independientes y dependientes para una alta confiabilidad.
(Páez Moreno, Leal Moreno, & Restrepo Burgos, 2009)	Concluye: Según el objetivo de esta investigación se cumplió en hallar el cambio de la resistencia a la compresión del concreto frente a la acción de los ciclos del hielo deshielo y se verifico el ciclo hielo deshielo durante el tiempo de dos meses y sus variables definidas (a/c, curado, y medio ambiente), como son los caso particulares para las zonas Alto, andinas que afecta el concreto a diferentes niveles, externo e interno, en su aspecto y en sus propiedades físicas y mecánicas, además se corroboró que un mayor contenido de agua dentro de la mezcla de concreto predispone a un mayor porcentaje de deterioro a la estructura de concreto, demostrándose en los resultados de resistencia a la compresión, absorción, porosidad abierta y pérdida de masa, se observó que, para el caso tratado, la afectación del ciclo es considerable a edades tempranas del concreto, con un deterioro físico marcado en condiciones de alta humedad.
(Llanos Peña, 2015)	Concluye: Que calentar en horas nocturnas, favorece el desarrollo de las propiedades mecánicas del concreto a edades de 28 días y se tuvo resultados excelentes en las resistencias a tempranas edades que fueron logradas a las 10:00 a.m. debido a una temperatura más elevada durante el fraguado; además la hidratación rápida afecta negativamente a las resistencias finales de los concretos.
(Cubas Miranda, 2019)	Concluye: En este caso el porcentaje perfecto del aditivo tipo E Accelguard 90 fue del 4% asimismo para el Z Fragua #5 fue del 2%. El Accelguard 90 incremento las resistencias a compresión en un 33% a los 3 días y 7 días, 23% a los 14 días y 18% a los 28 días; disminuyó el periodo de fraguado inicial y final en 80,98 minutos respectivamente y demostró excelentes resultados. El Z Fragua #5 generó además efectos positivos en las propiedades del concreto, pero en un porcentaje menor. Se probó finalmente que el aditivo Accelguard 90 satisface con los requisitos de la norma ASTM C494; apoyándose en disminuciones mínimas de 60 minutos en el periodo de fraguado, y en el aumento mínimo de 25% en las resistencias a la compresión a 3 días y de 10% en edades de 7 y 28 días.
(Filio Chagua, 2019)	Concluye: En la presente investigación se efectuaron muestras de hormigón las cuales se colocaron en un depósito de curado acelerado según la hipótesis general planteada en la investigación se pudo observar que la resistencia alcanzada por las muestras T2 curados durante un periodo de 12 horas y enfriados durante un periodo de 7 horas son similares a las resistencias alcanzadas por el curado en el periodo estándar de 28 días al instante de ejecutar los ensayos de rotura; las muestras que fueron sometidas al curado acelerado lograron un color gris claro en comparación a las muestras hermanas que presentaron un gris oscuro.
(Mamani Chipana & Chambi Mamani, 2020)	Concluye: Se realizaron para cada marca de cemento 45 muestras Wari tipo I, Yura 1P, Rumi 1P y Frontera 1P, a temperaturas de -5°C, 5°C y un patrón para edades de 7,14 y 28 días se experimentó que a menor tiempo de fraguado el calor de hidratación es bajo , además los concretos elaborados a temperaturas de 5°C no responden satisfactoriamente al comportamiento requerido en relación a su resistencia de diseño de concretos 210 kg/cm ² a los 28 días además se redujo su resistencia en 3.34% aproximándose la resistencia de diseño.
(Palacios Almendro, 2019)	Concluye: Si iniciamos con curado normal y luego con curado acelerado con agua hirviendo incrementan sus resistencias a la compresión simple del concreto; y si iniciamos con curado acelerado y luego con curado normal la resistencia del concreto es de menor resistencia que la anterior.
(Mayta Rojas, 2014)	Concluye: Si adicionamos diferentes dosis de aditivo RHEOBUILD VE (250, 450, 650 ,850 y 1050 ml por cada 100 kg de cemento), consiguiendo así los diseños de mezclas experimentales; el incremento del aditivo en las mezclas causo en la mayoría un breve retraso en el periodo de fraguado con respecto al concreto patrón, siendo estas estimaciones mayores para las dosis de 1050 ml. Este retardo se debe a la naturaleza o composición química del aditivo, elaborado con sales de condensado de naftaleno sulfonado y formaldehido (SNF) en base a las síntesis obtenidas, se aprecia que la utilización del aditivo afecta en el periodo de fraguado del concreto, la adición del aditivo en las mezclas de concreto causo un incremento de la resistencia a la compresión además se observa que la utilización del aditivo incide en la resistencia mecánica del concreto.

Tabla 47: Comparación de los resultados de laboratorio

Evolución de las Resistencia de acuerdo a los grupos de control para un concreto 210 kg/cm ²				
Grupos de Estudio	Temperaturas inferiores a 5°C	Resistencia Alcanzado.	Edad (días)	% Promedio de Resistencia
1 - Concreto Normal (CN)	menor a 5°C	134.44	28 días	67 %
	menor a 5°C	141.11	14 días	
	menor a 5°C	144.32	7 días	
2 - Concreto con agua Caliente CT(40°C)	menor a 5°C	155.64	28 días	76 %
	menor a 5°C	159.12	14 días	
	menor a 5°C	162.35	7 días	
3 - Concreto con agua Caliente CT(65°C)	menor a 5°C	215.94	28 días	112 %
	menor a 5°C	238.95	14 días	
	menor a 5°C	252.46	7 días	
4 - Concreto con agua Caliente CT(90°C)	menor a 5°C	224.6	28 días	115 %
	menor a 5°C	247.99	14 días	
	menor a 5°C	252.18	7 días	
5 - Concreto con aditivo (CA)	menor a 5°C	221.78	28 días	107 %
	menor a 5°C	224.65	14 días	
	menor a 5°C	229.18	7 días	

Tabla 48: Resumen de prueba de hipótesis

Prueba de hipótesis para las muestras de ensayo a los 28 días (nivel de significancia $\alpha=0.05$, $z= 1.645$)					
Descripción	Hipotesis		Estadístico de prueba	Regla de decisión	Interpretación
	Ho	Ha	Zo	Rechazar Ho si:	
Concreto normal=u1 Concreto con aditivo=u2	Anexo (D-3)	$u_1 \geq u_2$ $u_1 < u_2$	-104.234	$Z_o < -1.645$	Puesto que $Z_o = -104.234$ es menor < -1.645 , se rechaza $H_o: u_1 \geq u_2$ y se acepta $H_a: u_1 < u_2$
Concreto normal=u1 Concreto con agua a 40°C=u2	Anexo (D-6)	$u_1 \geq u_2$ $u_1 < u_2$	-29.717	$Z_o < -1.645$	Puesto que $Z_o = -29.717$ es menor < -1.645 , se rechaza $H_o: u_1 \geq u_2$ y se acepta $H_a: u_1 < u_2$
Concreto normal=u1 Concreto con agua a 65°C=u2	Anexo (D-9)	$u_1 \geq u_2$ $u_1 < u_2$	-152.71	$Z_o < -1.645$	Puesto que $Z_o = -152.710$ es menor < -1.645 , se rechaza $H_o: u_1 \geq u_2$ y se acepta $H_a: u_1 < u_2$
Concreto normal=u1 Concreto con agua a 90°C=u2	Anexo (D-12)	$u_1 \geq u_2$ $u_1 < u_2$	-145.866	$Z_o < -1.645$	Puesto que $Z_o = -145.866$ es menor < -1.645 , se rechaza $H_o: u_1 \geq u_2$ y se acepta $H_a: u_1 < u_2$



V. CONCLUSIONES

Como conclusión general de la presente investigación se llegó a determinar que sí influye positivamente el agua caliente (40°C, 65°C y 90°C) y el aditivo anticongelante en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C en la región Puno.

1. Se determinó que el agua caliente a 40°C, influye positivamente en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno, según los resultados de ruptura de probetas en laboratorio porque con esta temperatura no alcanzó la resistencia de diseño y porque esta temperatura es baja y se disipa rápidamente cuando entra en contacto con los otros materiales como los agregados y el cemento; en este caso el concreto premezclado solo aumentó su temperatura hasta los 14.39°C, según las medidas hechas al concreto.
2. Se determinó que el agua caliente a 65°C, influye positivamente en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno según los resultados de ruptura de probetas en el laboratorio porque con esta temperatura alcanzó a la resistencia de diseño, porque esta temperatura no es disipada en forma rápida cuando entra en contacto con los otros materiales como los agregados y el cemento, en este caso el concreto premezclado aumentó su temperatura hasta los 21.09°C, según las medidas hechas al concreto.
3. Por otro lado, también se determinó que el agua caliente a 90°C, influye positivamente en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno. según los resultados de ruptura de probetas en laboratorio porque con esta temperatura alcanzó a la resistencia de diseño, porque esta temperatura no es disipada en forma rápida cuando entra en contacto con los otros materiales como los agregados y el cemento, en este caso el concreto



premezclado aumentó su temperatura hasta los 27.80°C, según las medidas hechas al concreto, con la observación de que se vierte primero solo los agregados y el agua caliente para que esta temperatura se disipe y baje; por último agregar el cemento, porque el cemento al entrar en contacto con el agua caliente a 90°C. reacciona violentamente.

4. Por último, se determinó que el aditivo anticongelante influye positivamente en la resistencia del concreto premezclado 210 kg/cm² en zonas alto andinas con temperaturas inferiores a 5°C de la región Puno. según los resultados de ruptura de probetas en el laboratorio ya que alcanzó a la resistencia de diseño.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda considerar la buena selección del material a emplear para la elaboración del concreto a temperaturas inferiores a 5°C así como las mejores condiciones técnicas para afrontar las condiciones climáticas, es por ello, que los agregados deben cumplir las normas convencionales para el concreto elaborado y más aún deben presentar características especiales para un concreto a temperaturas inferiores de 5°C, como por ejemplo las condiciones de trabajabilidad (granulometría del agregado grueso y fino, tipo de cemento, etc.), condiciones de resistencia propia (resistencia a la abrasión, partículas blandas, etc.) y por último condiciones de estabilidad fisicoquímicas.

Se recomienda considerar la elección de los aditivos que se agregarán a la mezcla de concreto, que dependerá del tipo de protección que el concreto requiera, de acuerdo a las condiciones de tiempo bajo las cuales se coloque, porque eventualmente puede ocurrir que llegue una temperatura baja hasta menos dos grados celsius por un periodo de tiempo, por tanto se debería implementar una protección como si se estuviera siempre a temperaturas de cero grados celsius, pues solamente agregándole un incorporador de aire y protegiendo el concreto del cambio de temperatura es suficiente para enfrentar las temperaturas bajas.

En cuanto a la elaboración del concreto, la dosificación es recomendable, que se utilice una baja relación agua/cemento, porque así se minimizará la exudación del concreto porque ésta al aflorar hacia el exterior produce permeabilidad en el concreto, donde tiempo más tarde puede entrar agua y así consecutivamente enfrentarse a una temperatura baja y en consecuencia que el agua en el interior del concreto se congele produciendo así daño al concreto.

Es importante considerar que cuando se usa agua caliente tratar de igualar la temperatura de los materiales para tal caso, porque así, una temperatura menor en un



material como, por ejemplo, la arena o piedra etc, puede quitar cantidad de energía o potencia al calor de hidratación, por lo tanto, se recomienda calentar el agua aproximadamente a unos 40°C, 65°C y 90°C y colocar los materiales en el mixer en el siguiente orden, primero el agua caliente las tres cuartas partes y luego los agregados y por último el cemento y finalmente la cuarta parte restante de agua.

Es recomendable que una vez desencofrado seguir protegiendo el concreto para que no se vea afectado por ciclos de hielo/deshielo, lo cual puede producir fisuras de carácter leve que son similares a las fisuras de retracción e hidratación, solo que estas se producen por introducción de agua por capilaridad en el concreto, la cual al verse enfrentada a una temperatura bajo cero el agua se congelará, afectando así a las zonas más débiles de los elementos de concreto, que son las esquinas, bordes y en general las primera zonas expuestas a la temperaturas bajas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mamani Chipana, M., & Chambi Mamani, R. (2020). *Influencia del calor de hidratación en concreto a bajas temperaturas, dosificado con cemento comercializados en la ciudad de Juliaca*. Juliaca.
- A.Cengel, Y., & Boles, M. A. (2012). *Termodinamica*. Mexico: McCRAW-HILL.
- Abanto Castillo, F. (1995). *Tecnologia del Concreto*. Lima: San Marcos.
- ACI 221R. (1959). *Transportation Research Board*. Iowa State University: American Concrete Institute.
- ACI:201.2R-01. (1997). *Guía para la Durabilidad del Hormigón*.
- ACI:211.1-91. (2002). *Diseño de mezclas de concreto de peso normal*.
- ACI:318-08. (1999). *Código de diseño de hormigón estructural*.
- Aeberhard, A., & Aeberhard, M. (1998). *Fisica II*. Chaco - Argentina.
- Arcos Rodríguez, J. A. (2014). *Diseno de concreto por durabilidad en la sierra Peruana utilizando cemento IP y aditivo incorporador de aire,plastificante y acelerante de fragua*. Arequipa: Universidad la Catolica.
- Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigacion, Introcuccion a la Metodologia Cientifica*. Caracas: Episteme, C.A.
- Arni, H. (1966). *Resistance to Weathering Hardened Concrete, Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM C 666. (2003). *Evaluación del Deterioro del Hormigón Sometido a Ciclos de Hielo-Deshielo*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM C127. (1986). *Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados gruesos*.



- ASTM C143. (1986). *Método de prueba estándar para el asentamiento del hormigón de cemento hidráulico.*
- ASTM C31. (2003). *Práctica Normalizada para la Preparación y Curado en Obra de las Probetas para el Ensayo del Hormigón.*
- ASTM C671 -94. (2003). *Método de prueba estándar para la dilatación crítica de muestras de hormigón sometidas a congelación.*
- ASTM C682 -94. (2003). *Práctica estándar para la evaluación de la resistencia a las heladas de agregados gruesos en concreto arrastrado por aire mediante procedimientos críticos de dilatación.*
- ASTM:C1064. (2002). *Método de ensayo estándar para la medición de la temperatura del concreto de cemento hidráulico.*
- ASTM:C109/C109M-11b. (2012). *Determinación de la resistencia a la compresión de mortero de cemento hidráulico usando especímenes cúbicos de 50 mm (2 pulg) de lado.* Guatemala.
- ASTM:C114-15. (2002). *Métodos de prueba estándar para el análisis químico del cemento hidráulico.*
- ASTM:C127. (2017). *Método de ensayo normalizado para determinar densidad, densidad relativa y absorción de los agregados gruesos.*
- ASTM:C128. (2017). *Método de ensayo normalizado para determinar densidad, densidad relativa y absorción de los agregados finos.*
- ASTM:C136-05. (2002). *Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos.*
- ASTM:C143/C143M-20. (2002). *Método de prueba estándar para el asentamiento del hormigón de cemento hidráulico.*



- ASTM:C150/C150M-09. (2002). *Especificacion normalizada de cemento 9ormalizada para.*
- ASTM:C1602/C1602M. (2012). *Agua de mezcla utilizada en la preparaci3n de concreto de cemento Portland.*
- ASTM:C29/C29M. (1997). *M3todo de prueba est3ndar para densidad de masa y vacios en agregados.*
- ASTM:C31. (1986). *Pr3ctica est3ndar para la preparaci3n y curado de espec3menes de prueba de hormig3n en el campo.*
- ASTM:C33/C33M-13. (2011). *Especificacion Normalizada para Agregados de concreto.*
- ASTM:C330-05. (2012). *Especificaci3n Normalizada para Agregados Livianos para Concreto Estructural.*
- ASTM:C39/C39M-17. (2002). *M3todo de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresi3n de Espec3menes Cil3ndricos de Concreto.*
- ASTM:C451-19. (2002). *M3todo de prueba est3ndar para el endurecimiento temprano del cemento hidr3ulico (m3todo de pasta).*
- ASTM:C494/C494M-08a. (2002). *Especificaci3n normalizada de aditivos Qu3micos para concreto.*
- ASTM:C566. (2004). *Est3ndar M3todo de ensayo para medir el contenido total de humedad en agregados mediante secado.*
- ASTM:C595/C595M-09. (2013). *Especificaci3n Normalizada para Cementos Adicionados Hidr3ulicos.*
- ASTM:C618-19. (2011). *Especificaci3n est3ndar para cenizas volantes de carb3n y puzolana natural bruta o calcinada para uso en concreto.*
- ASTM:C671. (1994). *M3todo de prueba est3ndar para la dilataci3n cr3tica de muestras de concreto sometidas a congelaci3n.*



- ASTM:D1067. (2009). *Método estándar para acides o alcalinidad en agua.*
- ASTM:D1239-14. (2014). *Método de prueba estándar para la resistencia de películas plásticas a la extracción por productos químicos.*
- ASTM:D1888-78. (2011). *Métodos de ensayo para particulas disueltas en agua.*
- ASTM:D512-89. (2015). *Método de ensayo normalizado para el contenido de cloruros en las aguas usadas en la elaboracion de hormigones y morteros de cemento Poetland.*
- ASTM:D75. (2002). *Practica estándar para el muestreo de agregados.*
- Buth, E., & Ledbetter, W. (1970). *Influence of the Degree of Saturation of Coarse Aggregate on the Resistance of Structural Lightweight Concrete to Freezing and Thawing.* California: American Concrete Institute.
- Castro Saavedra, H. (2014). *Influencia de la Temperatura del agua en la resistencia a la Compresion del Concreto $F'C=210Kg/cm^2$, Utilizando Agregados del Rio Cajamarquillo.* Cajamarca: Univarsiddad Nacional de Cajamarca.
- Colina Camacho, S. G., Garcia Leon, E. E., & Reyes Serrano, J. R. (2014). *Determinacion de la Resistencia del Concreto en obra apartir de la Madurez y Estudio de Factibilidad en su Implementacion Basandonos en la Relacion Temperatura Tiempo Resistencia.* Guayaquil Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Collins, A. (1944). *Destruction of Concrete by Frost.* London: Journal of the Institute of Civil Engineers.
- Cordon, W. (1966). *Freezing and Thawing of Concrete-Mechanisms and Control.* Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Cubas Miranda, F. (2019). *Influencia del Aditivo ASTM C494 tipo E en el Asentamiento, Fragua y Resistencia a la Compresión del Concreto Convencional, Trujillo 2019.* Trujillo.



- Earth, G. (25 de noviembre de 2017). *Sistema de localización Google Earth*. Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/>
- Erlin, B., & Mather, B. (1966). *Methods Used in Petrographic Studies of Concrete*. Conshohocken: ASTM.
- Filio Chagua, F. (2019). *Evaluación y análisis de la influencia de curado acelerado por el método de agua caliente en la resistencia a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm², en la Provincia y Región de Pasco*. Cerro de Pasco.
- García Calderon, J. (2010). *Determinación de la correlación entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la Compresión del Concreto*. Bucaramanga: Universidad pontificia Bolivariana.
- Harman, J. (1970). *Slow-Cooling Test for Frost Susceptibility of Pennsylvania Aggregates*.
- Harmsen, T. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima.
- Helmuth, R. (1961). *Dimensional Changes of Hardened Portland Cement Pastes Caused by Temperature Changes*. Washington: American Concrete Institute.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Home - Unicon Web. (2017). Obtenido de <https://www.unicon.com.pe/#footerHome>
- Huaricancha Cristóbal, N. L. (2018). *Influencia de la Temperatura Ambiente en la Resistencia a la Compresión del Concreto $F'C=210$ kg/cm² en más de 4380 m.s.n.m.,. Yanacancha-Pasco*.
- INEI. (2015). *Informe INEI*.
- Kleiger, B. (1956). *The mechanism of ankle injuries*.
- Köppen, W. (1936). *Clasificación Climática de Köppen*.
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Mexico: PCA.



- Llanos Peña, D. (2015). *Diagnóstico de la Influencia de las temperaturas ambiente en la resistencia final del concreto*. Bogotá.
- Manarelli. (1988). *Atlas de Heladas*. Lima Peru.
- Maria Machado, L. (2005). *Instituto Nacional de Tecnologia Industrial*. Argentina: INTI.
- Mayta Rojas, J. (2014). *Influencia del aditivo superplasticante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo*. Huancayo.
- Mielenz, R. (1978). *The Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials*. Highway: ASTM.
- Montoya, Y., Cadavid, A., & Astrid Gómez, M. (2009). Comportamiento Mecánico y de Fraguado de Morteros de Cemento Portland. *Revista EIA*, 12.
- Neville, A., & Brooks, J. (1998). *Tecnología del Concreto*.
- Nieto Osorio, R. (2007). *Análisis comparativo de concretos con aditivos reductores de agua: complementación utilizando el aditivo Glenium 3030 ns en concretos*. Lima: UNI.
- NMP:003. (2009). *Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático*.
- NTP:334.090. (2013). *Cementos Portland Adicionados requisitos*. Lima Perú.
- NTP:339.033. (2015). *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. Lima Peru: 4ta Edición.
- NTP:339.034. (2015). *Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Compresión del Concreto en Muestras Cilíndricas*.
- NTP:339.035. (2009). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland*. Lima.



- NTP:339.071. (2009). *Método de ensayo normalizado para determinar el residuo sólido y el contenido de materia orgánica (sólidos volátiles) de las aguas usadas para elaborar morteros y concretos de cemento Portland.*
- NTP:339.076. (2017). *Método de ensayo normalizado para el contenido de cloruros en las aguas usadas en la elaboración de hormigones y morteros de cemento Portland.*
- NTP:339.082. (2001). *Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración.*
- NTP:339.088. (2014). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland.* Lima Peru.
- NTP:339.114. (2012). *Concreto premezclado.* Lima Peru.
- NTP:339.184. (2002). *Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto).*
- NTP:339.185. (2013). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.*
- NTP:339.213. (2018). *Efecto de la aplicación de curado acelerado en la resistencia a la compresión de especímenes de concreto.*
- NTP:400.010. (2016). *Extracción y preparación de las muestras.* Lima.
- NTP:400.012. (2018). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.*
- NTP:400.016. (2011). *Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.*
- NTP:400.017. (2016). *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad y los vacíos en los agregados.*
- NTP:400.021. (2018). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa y absorción del agregado grueso.*



- NTP:400.022. (2013). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa y absorción del agregado fino.*
- NTP:400.037. (2018). *Agregado para concreto. Requisitos.*
- Ortiz Lozano, J., Aguado de Cea, A., Zermeño de León, M., & Alonso Farrera, F. (2007). Influencia de la temperatura ambiental en las propiedades del concreto hidráulico. *Revista Académica*, 9.
- Páez Moreno, D., Leal Moreno, V., & Restrepo Burgos, M. (2009). Influencia de los Ciclos Hielo-Deshielo en la Resistencia del Concreto. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 17.
- Palacios Almendro, A. (2019). *Influencia del curado acelerado con agua hirviendo en la resistencia temprana del concreto Perú 2019.* Piura.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Temas de Tecnología del Concreto.* Lima: Colegio de Ingenieros.
- Pérez Ones, O., Díaz Rodríguez, J., Zumalacárregui, L., & Gozá León, O. (2010). Evaluación de propiedades termodinámicas de mezclas etanol-agua. *Facultad de Ingeniería*, 16.
- Powers, T. (1975). *Freezing Effects in Concrete Durability of Concrete.* Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Regional, r. d. (25 de noviembre de 2018). *Distritos de la Región Puno.* Obtenido de <https://www.rcrperu.com/40-distritos-de-la-region-puno-celebraran-su-aniversario-164/>
- Rivva Lopez, E. (2004). *Naturaleza y Materiales del Concreto.* Lima: ICG.
- Rivva López, E. (2004). *Naturaleza y Materiales del Concreto.* Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rivva Lopez, E. (2010). *Diseño de Mezclas.* Lima: ICG.



- Sanchez D., D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bhandar Editores.
- SENAMHI. (Noviembre de 2021). *Heladas y Friajes*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=puno&p=heladas-y-friajes-avisos>
- Sturup, V. (1987). *Evaluation and Prediction of Concrete Durability Ontario Hydro's Experience*. American Concrete Institute: Farmington Hills.
- Supercon. (1 de octubre de 2019). *Diferencias del concreto premezclado con el hecho en obra*. Obtenido de <https://www.supercon.pe/informacion/diferencias-concreto-premezclado-hecho-obra/>
- Tremper, B., & Stratfull, R. (1958). *Causes and Repair of Deterioration to a California Bridge Due to Corrosion of Reinforcing Steel in a Marine Environment*.
- Zapata Coacalla, T. (2007). *Efecto del Cemento Puzolánico IP y Acelerante de Fragua, en un Concreto Expuesto a Clima Híbrido en su Resistencia Final de Diseño*. Puno.



ANEXOS

ANEXO A-1: CERTIFICADO DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



CERTIFICADO

El que suscribe jefe de laboratorio de Construcciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

CERTIFICA:

Que el Sr. **TORRES DIAZ TEODORO**, con DNI 02445147, Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, ha realizado ensayos de laboratorio para la investigación del proyecto de Tesis con el tema **“USO DEL AGUA CALIENTE EN ENCONTRASTE AL ADITIVO ANTICONGELANTE PARA CONCRETO PRE MEZCLADO 210 KG/CM2 EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEMPERATURAS INFERIORES A 5° C EN LA REGIÓN DE PUNO”** del cual doy fe.

Dichos ensayos son:

- 01 Ensayo de contenido de humedad para agregados (grueso – fino)
- 01 Ensayo de peso unitario de los agregados (grueso – fino)
- 01 Ensayo de granulometría para agregados (grueso – fino)
- 01 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso
- 01 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino
- Ensayo de compresión simple de briquetas de concreto:
 - ✓ 15 briquetas: a mezcla en temperatura inferiores a 5° C
 - ✓ 15 briquetas: a mezcla en temperatura inferiores a 5° C + aditivo W68 de Ulmén
 - ✓ 15 briquetas: a mezcla en temperatura de 40° C
 - ✓ 15 briquetas: a mezcla en temperatura de 65° C
 - ✓ 15 briquetas: a mezcla en temperatura de 90° C

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que vea por conveniente.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA

Ing. Diana Elizabeth Quinto Gastiaburu
JEFE DE LABORATORIO

Ing. Diana Elizabeth Quinto Gastiaburu
Jefe de Laboratorio de Construcciones



ANEXO A-2: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



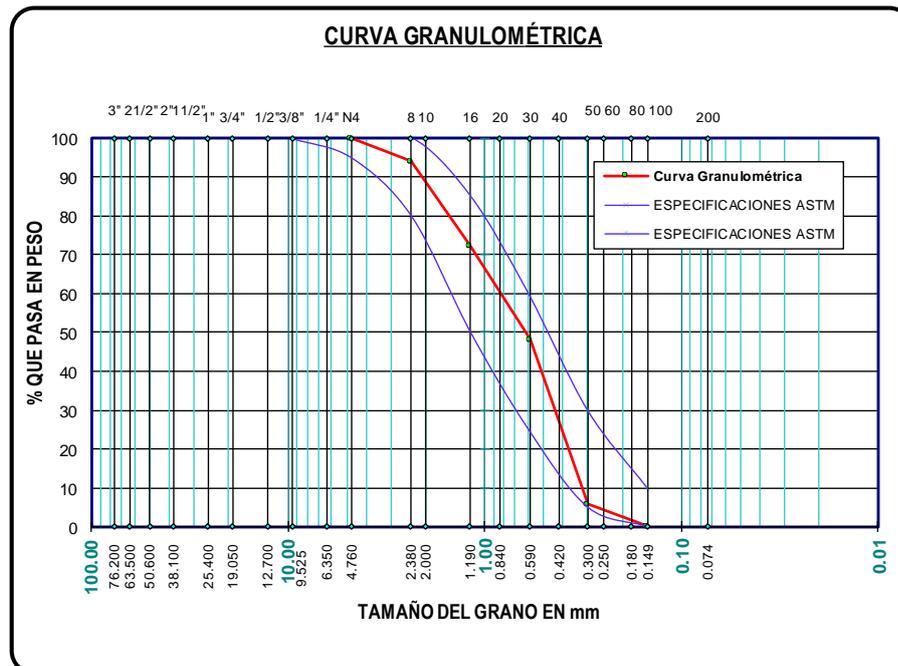
REALIZADO POR : TORRES DIAZ, TEODORO.
TESIS : "USO DEL AGUA CALIENTE EN CONTRASTE AL ADITIVO ANTICONGELANTE PARA CONCRETO PRE MEZCLADO 210 KG/CM2 EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEMPERATURAS INFERIORES A 5° C EN LA REGIÓN DE PUNO"
UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
CANTERA : RIO PUCARA.
FECHA : 01 DE DICIEMBRE DEL 2021

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO NTP 400.012, ASTM C 136

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						P.I. 1500.00 gr
2"	50.600						P.II. 1499.29 gr
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						PI: peso inicial
1/2"	12.700						PII: peso despues del ensayo
3/8"	9.525					100	
1/4"	6.350						
No4	4.760	2.48	0.17	0.17	99.83	95	100
No8	2.380	86.99	5.80	5.97	94.03	80	100
No10	2.000						
No16	1.190	326.87	21.80	27.77	72.23	50	85
No20	0.840						
No30	0.590	361.69	24.12	51.89	48.11	25	60
No40	0.420						
No50	0.300	632.90	42.21	94.11	5.89	10	30
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	82.96	5.53	99.64	0.36	2	10
No200	0.074	2.80	0.19	99.83	0.17		
BASE		2.60	0.17	100.00	0.00		
TOTAL		1499.29	100.00				

MODULO DE FINEZA : 2.80

El modulo de fineza debe de estar dentro de los limites de 2.35 - 3.15, no debiendo excederse el limite en mas o menos 0.2 Max 3.35





ANEXO A-3: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO.



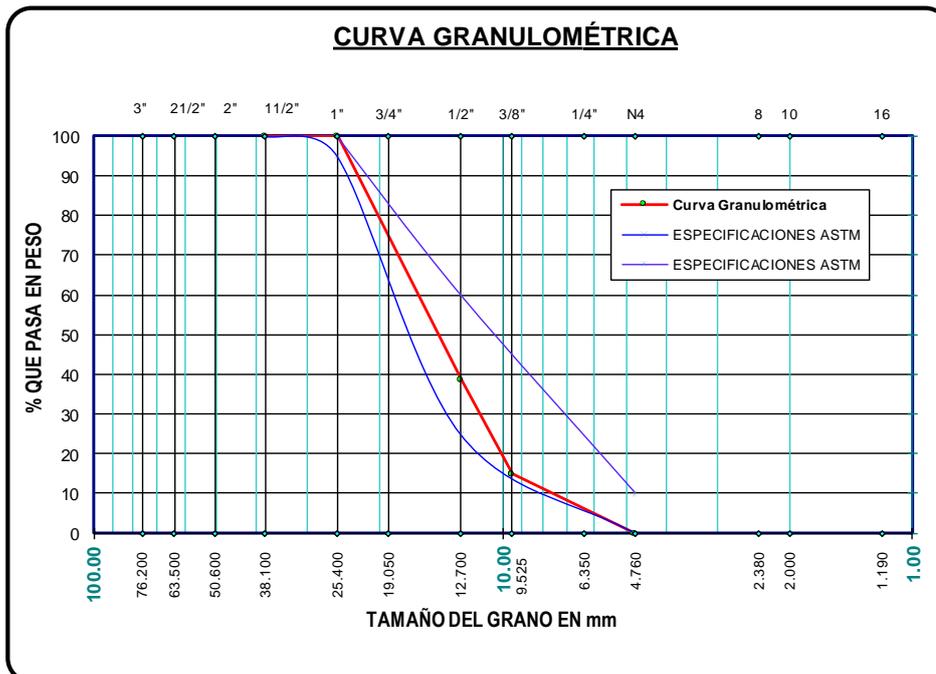
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



PROYECTO : TORRES DIAZ, TEODORO.
TESIS : "USO DEL AGUA CALIENTE EN CONTRASTE AL ADITIVO ANTICONGELANTE PARA CONCRETO PRE MEZCLADO 210 KG/CM2 EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEMPERATURAS INFERIORES A 5° C EN LA REGIÓN DE PUNO"
UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
FECHA : 01 DE DICIEMBRE DEL 2021

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO NTP 400.012, ASTM C 136

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.M 11500.00 gr TAMAÑO MAXIMO: 1 " TMN: 3/4 "
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	100 100	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	95 100	
3/4"	19.050	1770.00	15.39	15.39	84.61		
1/2"	12.700	5290.00	46.00	61.39	38.61	25 60	
3/8"	9.525	2740.00	23.83	85.22	14.78		
1/4"	6.350	200.00	1.74	86.96	13.04		
No4	4.760	1500.00	13.04	100.00	0.00	0 5	
No8	2.380						MODULO DE FINEZA : 6.62
No10	2.000						
No16	1.190						
No20	0.840						
No30	0.590						
No40	0.420						
No50	0.300						
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149						
No200	0.074						OBS: Tamizar por la Malla Nº 4 para separar el Agregado Grueso del Fino
BASE		0.0	0.00	100.00	0.00		
TOTAL		11500.00	100.00				





ANEXO A-4: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : TORRES DIAZ, TEODORO.
 TESIS : "USO DEL AGUA CALIENTE EN CONTRASTE AL ADITIVO ANTICONGELANTE PARA CONCRETO PRE MEZCLADO 210 KG/CM2 EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEMPERATURAS INFERIORES A 5° C EN LA REGIÓN DE PUNO"
 UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
 CANTERA : RIO PUCARA.
 FECHA : 29 DE NOVIEMBRE DEL 2021

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO NTP 400.021, NTP 400.022, ASTM C 127 Y ASTM C 128

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO		
DATOS		
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (W_{sss})	500.00
2	PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA (W_{m+w})	715.22
3	W_{sss} + PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA (W_{m+w+a})	1013.18
4	PESO DE LA TARA	2.47
5	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO + TARA	488.04
6	PESO SECO DE LA MUESTRA (W_s) (5-4)	485.57
RESULTADOS		
7	PESO ESPECÍFICO DE MASA P.E.M: $6 / (1 - (3 - 2))$	2.40
8	PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA P.E.M.S.S.S.: $1 / (1 - (3 - 2))$	2.47
9	PESO ESPECÍFICO APARENTE P.E.A. : $6 / (6 - (3 - 2))$	2.59
10	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: $\% ABS((1 - 6) / 6)$	2.97

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO		
DATOS		
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (W_{sss})	1883.51
2	PESO SUMERGIDO EN AGUA (W_w)	1114.72
3	PESO DE LA TARA	2.47
4	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO + TARA	1836.01
5	PESO SECO DE LA MUESTRA (W_s)	1833.54
RESULTADOS		
6	PESO ESPECÍFICO DE MASA P.E.M: $5 / (1 - 2)$	2.38
7	PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA P.E.M.S.S.S. : $1 / (1 - 2)$	2.45
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE P.E.A. : $5 / (5 - 2)$	2.55
9	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: $\% ABS((1 - 5) / 5)$	2.73



ANEXO A-5: PESO UNITARIO DE AGREGADOS.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : TORRES DIAZ, TEODORO.

TESIS : "USO DEL AGUA CALIENTE EN CONTRASTE AL ADITIVO ANTICONGELANTE PARA CONCRETO PRE MEZCLADO 210 KG/CM² EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEMPERATURAS INFERIORES A 5° C EN LA REGIÓN DE PUNO"

UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.

CANTERA : RIO PUCARA.

FECHA : 30 DE NOVIEMBRE DEL 2021

ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO NTP 400.017 , ASTM C 29

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4760	4795	4895
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	13090	13215	13360
PESO DE LA MUESTRA gr.	8330	8420	8465
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5538	5578	5578
PESO UNITARIO gr/cm ³ ,	1.504	1.509	1.517
PESO UNITARIO SECO Kg/m ³ .	1510.37		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4760	4795	4895
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	14030	14170	14295
PESO DE LA MUESTRA gr.	9270	9375	9400
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5538	5578	5578
PESO UNITARIO gr/cm ³ ,	1.674	1.681	1.685
PESO UNITARIO SECO Kg/m ³ .	1679.89		

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4760	4795	4895
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	12480	12660	12800
PESO DE LA MUESTRA gr.	7720	7865	7905
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5538	5578	5578
PESO UNITARIO gr/cm ³ ,	1.394	1.410	1.417
PESO UNITARIO SECO Kg/m ³ .	1407.03		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4760	4795	4895
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	13440	13595	13580
PESO DE LA MUESTRA gr.	8680	8800	8685
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5538	5578	5578
PESO UNITARIO gr/cm ³ ,	1.567	1.578	1.557
PESO UNITARIO SECO Kg/m ³ .	1567.29		



ANEXO A-6: CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : TORRES DIAZ, TEODORO.
 TESIS : "USO DEL AGUA CALIENTE EN CONTRASTE AL ADITIVO ANTICONGELANTE PARA
 CONCRETO PRE MEZCLADO 210 KG/CM² EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEMPERATURAS
 INFERIORES A 5° C EN LA REGIÓN DE PUNO"
 UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
 CANTERA : RIO PUCARA.
 FECHA : 29 DE NOVIEMBRE DEL 2021

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS
NTP 400.016, ASTM C 566**

AGREGADO FINO

Nro De Tara	E-1	E-2	E-3
Peso de Tara	30.15	27.77	33.54
Peso de Tara + M. Húmeda	185.25	158.88	189.86
Peso de Tara + M. Seca	184.84	158.55	189.53
Peso de Agua	0.41	0.33	0.33
Peso Muestra Seca	154.69	130.78	155.99
Contenido de humedad W%	0.27	0.25	0.21
Promedio cont. Humedad W%	0.24		

AGREGADO GRUESO

Nro De Tara	E-4	E-5	E-6
Peso de Tara	30.92	31.8	32.33
Peso de Tara + M. Húmeda	195.06	215.66	227.1
Peso de Tara + M. Seca	194.93	215.46	226.94
Peso de Agua	0.13	0.2	0.16
Peso Muestra Seca	164.01	183.66	194.61
Contenido de humedad W%	0.08	0.11	0.08
Promedio cont. Humedad W%	0.09		



ANEXO A-7: DISEÑO DE MEZCLAS.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : TORRES DIAZ, TEODORO
: "USO DEL AGUA CALIENTE EN ENCONTRASTE AL ADITIVO ANTICONGELANTE PARA CONCRETO
PRE MEZCLADO 210 KG/CM² EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEMPERATURAS INFERIORES A 5° C
EN LA REGIÓN DE PUNO"
UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
FECHA : 29 DE NOVIEMBRE 2021

DISEÑO DE MEZCLAS
METODO : ACI 211.1 COMO DISEÑO PATRON
 $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
			PORTLAND TIPO IP	FINO
CANTERA PROCEDENCIA: RIO PUCARA.				
TAMAÑO MAXIMO	Pulg		N° 4	1"
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.85	2.59	2.55
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³		1510	1407
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³		1680	1567
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		0.24	0.09
ABSORCION	%		2.97	2.73
MODULO DE FINEZA			2.80	6.62

VALORES DE DISEÑO

f'c PROM. fcr (Kg/m ²)	TMN (pulg)	SLUMP (pulg)	AGUA (lit/m ³)	AIRE (%)	Agua/cem A/C	Factor cem. FC (Kg/m ³)	Factor cem. FC (bol/m ³)	AIRE INC %	Factor Agregado G. b/b ₀
294	3/4"	3" - 4"	185	2	0.56	330.36	7.77	NO	0.60

DOSIFICACIÓN EN PESO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESO CORR. KG/M ³	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	0.120	330.36		330.36	1.00
AGREGADO FINO	0.280	691.60	0.24	713.80	2.16
AGREGADO GRUESO	0.390	955.50	0.09	982.45	2.97
AGUA	0.185	185.00		229.11	29.47
AIRE	0.020				

CANTIDAD DE MATERIAL CORREGIDO POR VOLUMEN

DESCRIPCION	EN P ³ /M ³	PROPORCION EN VOL.
CEMENTO	7.77	1.00
AGREGADO FINO	16.69	2.16
AG. GRUESO	24.66	2.97
AGUA	29.47	29.47

OBSERVACIONES:

El muestreo fue realizado por el solicitante a su entera responsabilidad y proporcionado al laboratorio con las siguientes descripciones

- 1.- Nombre de la cantera.
- 2.- Ubicación de la cantera.

ANEXO A-8: RESULTADOS DE RESISTENCIA A TEMPERATURAS INFERIORES A 5°C.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES

SOLICITADO POR : TORRES DIAZ, TEODORO.
PROYECTO : "USO DEL AGUA CALIENTE EN ENCONTRASTE AL ADITIVO ANTICONGELANTE PARA CONCRETO PRE MEZCLADO 210 KG/CM2 EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEMPERATURAS INFERIORES A 5°C EN LA REGIÓN DE PUNO"
UBICACIÓN : FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
MUESTRA : BRIQUETAS DE CONCRETO A TEMPERATURAS INFERIORES A 5°C
DISEÑO : f'c=210 Kg/cm²
FECHA DE EMISION : 20 DE ENERO DEL 2022

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS AL AMBIENTE INFERIORES A 5°C

PROB. N°	DESCRIPCIÓN	SLUM Puig.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES		AREA (cm ²)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	RESISTENCIA		% DE RESISTENCIA
						Diametro (cm)	altura (cm)			ROTURA f'c=Kg/Cm ²	DISEÑO f'c =Kg/cm ²	
1	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	31/12/2021	28	15	30	177	25,910	146.62	210	70%
2	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	31/12/2021	28	15	30	177	25,910	146.62	210	70%
3	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	31/12/2021	28	15	30	177	25,600	144.30	210	69%
4	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	31/12/2021	28	15	30	177	25,355	143.48	210	68%
5	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	31/12/2021	28	15	30	177	25,355	143.48	210	68%
6	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	31/12/2021	28	15	30	177	25,289	143.10	210	68%
7	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	31/12/2021	28	15	30	177	25,210	142.66	210	68%
8	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	17/12/2021	14	15	30	177	25,156	142.35	210	68%
9	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	17/12/2021	14	15	30	177	24,845	141.16	210	67%
10	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	17/12/2021	14	15	30	177	24,834	140.53	210	67%
11	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	17/12/2021	14	15	30	177	24,811	140.40	210	67%
12	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	10/12/2021	7	15	30	177	24,456	138.39	210	66%
13	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	10/12/2021	7	15	30	177	23,979	135.69	210	65%
14	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	10/12/2021	7	15	30	177	23,446	132.68	210	63%
15	Temperaturas inferiores a 5°C	4"-5"	03/12/2021	10/12/2021	7	15	30	177	23,146	130.98	210	62%

OBSERVACIONES:

- La muestra a sido identificado y entregado por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas
- estos documentos no podria ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio de la EPIC UNA Puno

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA
Mg. Ing. Juan Eduardo Torres Diaz
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



SOLICITADO POR

: TORRES DIAZ, TEODORO.

PROYECTO

: "USO DEL AGUA CALIENTE EN ENCONTRASTE AL ADITIVO ANTICONGELANTE PARA CONCRETO PRE MEZCLADO 210 KG/CM2 EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEMPERATURAS INFERIORES A 5°C EN LA REGIÓN DE PUNO"

UBICACIÓN

: FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA

MUESTRA

: BRIQUETAS DE CONCRETO A TEMPERATURAS INFERIORES A 5°C, TEMPERATURA DE MEZCLADO 14.39°C

DISÑO

: f_c=210 Kg/cm²

FECHA DE EMISION

: 20 DE ENERO DEL 2022

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS AL AMBIENTE INFERIORES A 5°C, TEMPERATURA DE MEZCLA 14.39°C

PROB. N°	DESCRIPCIÓN	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES		AREA (cm ²)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	RESISTENCIA		% DE RESISTENCIA
						Diámetro (cm)	altura (cm)			ROTURA f _c =Kg/cm ²	DISEÑO f _c =Kg/cm ²	
1	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	03/01/2022	28	15	30	177	28,880	183.43	210	78%
2	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	03/01/2022	28	15	30	177	28,871	183.38	210	78%
3	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	03/01/2022	28	15	30	177	28,890	182.35	210	77%
4	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	03/01/2022	28	15	30	177	28,670	182.24	210	77%
5	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	03/01/2022	28	15	30	177	28,580	181.79	210	77%
6	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	03/01/2022	28	15	30	177	28,577	181.71	210	77%
7	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	03/01/2022	28	15	30	177	28,552	181.57	210	77%
8	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	20/12/2021	14	15	30	177	28,514	181.35	210	77%
9	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	20/12/2021	14	15	30	177	28,453	181.01	210	77%
10	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	20/12/2021	14	15	30	177	27,783	157.22	210	75%
11	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	20/12/2021	14	15	30	177	27,723	156.88	210	75%
12	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	13/12/2021	7	15	30	177	27,554	155.92	210	74%
13	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	13/12/2021	7	15	30	177	27,546	155.88	210	74%
14	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	13/12/2021	7	15	30	177	27,501	155.62	210	74%
15	Mezcla con Agua Caliente a 40°C	4"- 5"	06/12/2021	13/12/2021	7	15	30	177	27,413	155.13	210	74%

OBSERVACIONES:

- La muestra a sido identificado y entregado por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas
- estos documentos no podra ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio de la EPIC UNA Puno



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES- FICA
Mg. Diana Elizabeth Quimbo Castiburo
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



SOLICITADO POR

: TORRES DIAZ, TEODORO.

PROYECTO

: "USO DEL AGUA CALIENTE EN ENCONTRASTE AL ADITIVO ANTICONGELANTE PARA CONCRETO PRE MEZCLADO 210 KG/CM2 EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEMPERATURAS INFERIORES A 5°C EN LA REGIÓN DE PUNO"

UBICACIÓN

: FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA

MUESTRA

: BRIQUETAS DE CONCRETO A TEMPERATURAS INFERIORES A 5°C, TEMPERATURA DE MEZCLADO 21.09°C

DISEÑO

: f_c=210 Kg/cm²

FECHA DE EMISION

: 20 DE ENERO DEL 2022

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS AL AMBIENTE INFERIORES A 5°C, TEMPERATURA DE MEZCLA 21.09°C

PROB. N°	DESCRIPCIÓN	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES		AREA (cm ²)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	RESISTENCIA		% DE RESISTENCIA
						Diámetro (cm)	altura (cm)			ROTURA f _c =Kg/Cm ²	DISEÑO f _c =Kg/cm ²	
1	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	05/01/2022	28	15	30	177	44,830	253.69	210	121%
2	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	05/01/2022	28	15	30	177	44,747	253.22	210	121%
3	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	05/01/2022	28	15	30	177	44,731	253.12	210	121%
4	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	05/01/2022	28	15	30	177	44,640	252.61	210	120%
5	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	05/01/2022	28	15	30	177	44,520	251.93	210	120%
6	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	05/01/2022	28	15	30	177	44,514	251.90	210	120%
7	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	05/01/2022	28	15	30	177	44,306	250.72	210	119%
8	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	22/12/2021	14	15	30	177	42,908	242.81	210	116%
9	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	22/12/2021	14	15	30	177	42,551	240.79	210	115%
10	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	22/12/2021	14	15	30	177	42,259	239.14	210	114%
11	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	22/12/2021	14	15	30	177	41,186	233.07	210	111%
12	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	15/12/2021	7	15	30	177	38,815	219.65	210	105%
13	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	15/12/2021	7	15	30	177	38,224	216.31	210	103%
14	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	15/12/2021	7	15	30	177	38,083	215.50	210	103%
15	Mezcla con Agua Caliente a 65°C	4"- 5"	08/12/2021	15/12/2021	7	15	30	177	37,517	212.30	210	101%

OBSERVACIONES:

- La muestra a sido identificado y entregado por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas
- estos documentos no podra ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio de la EPIC UNA Puno



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA
Mg. Ing. Diana Elizabeth Quinto Gardaburi
JEFE DE LABORATORIO

ANEXO A-11: RESULTADOS DE RESISTENCIA CON AGUA CALIENTE A

90°C



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES

SOLICITADO POR : TORRES DIAZ, TEODORO.
PROYECTO : "USO DEL AGUA CALIENTE EN ENCONTRASTE AL ADITIVO ANTICONGELANTE PARA CONCRETO PRE MEZCLADO 210 KG/CM2 EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEMPERATURAS INFERIORES A 5°C EN LA REGION DE PUNO"
UBICACION : FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
MUESTRA : BRIQUETAS DE CONCRETO A TEMPERATURAS INFERIORES A 5°C, TEMPERATURA DE MEZCLADO 27.80°C
DISEÑO : f'c=210 Kg/cm²
FECHA DE EMISION : 20 DE ENERO DEL 2022

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS AL AMBIENTE INFERIORES A 5°C, TEMPERATURA DE MEZCLA 27.80°C

PROB. N°	DESCRIPCIÓN	SLUM Puig.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES		AREA (cm ²)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	RESISTENCIA		% DE RESISTENCIA
						Diametro (cm)	altura (cm)			f'c=Kg/Cm ²	f'c =Kg/cm ²	
1	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	07/01/2022	28	15	30	177	44,841	253.75	210	121%
2	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	07/01/2022	28	15	30	177	44,830	253.69	210	121%
3	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	07/01/2022	28	15	30	177	44,750	253.23	210	121%
4	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	07/01/2022	28	15	30	177	44,498	251.81	210	120%
5	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	07/01/2022	28	15	30	177	44,484	251.73	210	120%
6	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	07/01/2022	28	15	30	177	44,302	250.70	210	119%
7	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	07/01/2022	28	15	30	177	44,240	250.35	210	119%
8	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	24/12/2021	14	15	30	177	44,050	249.27	210	118%
9	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	24/12/2021	14	15	30	177	43,805	247.89	210	118%
10	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	24/12/2021	14	15	30	177	43,791	247.81	210	118%
11	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	24/12/2021	14	15	30	177	43,651	247.01	210	118%
12	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	17/12/2021	7	15	30	177	39,816	225.31	210	107%
13	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	17/12/2021	7	15	30	177	39,711	224.72	210	107%
14	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	17/12/2021	7	15	30	177	39,641	224.32	210	107%
15	Mezcla con Agua Caliente a 90°C	4"- 5"	10/12/2021	17/12/2021	7	15	30	177	39,592	224.05	210	107%

OBSERVACIONES:

- La muestra a sido identificado y entregado por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas
- estos documentos no podra ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio de la EPIC UNA Puno

Mg. Ing. Brailon Quinto Castibarro
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



SOLICITADO POR : TORRES DIAZ, TEODORO.
PROYECTO : "USO DEL AGUA CALIENTE EN ENCONTRASTE AL ADITIVO ANTICONGELANTE PARA CONCRETO PRE MEZCLADO 210 KG/CM2 EN ZONAS ALTO ANDINAS CON TEMPERATURAS INFERIORES A 5°C EN LA REGION DE PUNO"
UBICACIÓN : FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
MUESTRA : BRIQUETAS DE CONCRETO A TEMPERATURAS INFERIORES A 5°C CON ADITIVO ANTICONGELANTE W68 ULMEN
DISEÑO : f'c=210 Kg/cm²
FECHA DE EMISION : 20 DE ENERO DEL 2022

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS AL AMBIENTE INFERIORES A 5°C CON ADITIVO W68 ULMEN

PROB. N°	DESCRIPCIÓN	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES		AREA (cm ²)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	RESISTENCIA		% DE RESISTENCIA
						Diametro (cm)	altura (cm)			ROTURA f'c=Kg/Cm ²	DISEÑO f'c=Kg/cm ²	
1	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	01/01/2022	28	15	30	177	40,764	230.67	210	110%
2	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	01/01/2022	28	15	30	177	40,760	230.65	210	110%
3	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	01/01/2022	28	15	30	177	40,560	229.52	210	109%
4	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	01/01/2022	28	15	30	177	40,550	229.47	210	109%
5	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	01/01/2022	28	15	30	177	40,437	228.82	210	109%
6	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	01/01/2022	28	15	30	177	40,430	228.79	210	109%
7	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	01/01/2022	28	15	30	177	39,992	226.31	210	108%
8	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	18/12/2021	14	15	30	177	39,985	226.27	210	108%
9	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	18/12/2021	14	15	30	177	39,985	226.27	210	108%
10	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	18/12/2021	14	15	30	177	39,443	223.20	210	106%
11	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	18/12/2021	14	15	30	177	39,385	222.87	210	106%
12	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	11/12/2021	7	15	30	177	39,269	222.22	210	106%
13	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	11/12/2021	7	15	30	177	39,220	221.94	210	106%
14	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	11/12/2021	7	15	30	177	39,142	221.50	210	105%
15	Temperaturas inferiores a 5°C+ Aditivo	4"- 5"	04/12/2021	11/12/2021	7	15	30	177	39,138	221.47	210	105%

OBSERVACIONES:

- La muestra a sido identificado y entregado por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas
- estos documentos no podra ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio de la EPIC UNA Puno



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA
Mg. Ing. Vía de la Cruz, Quino Castiburno
JEFE DE LABORATORIO

ANEXO B: CONTROLES DE CALIDAD
ANEXO B-1: CERTIFICADO DE CALIDAD DEL CEMENTO.

CERTIFICADO DE CALIDAD

CEMENTO PORTLAND TIPO IP

	YURA	ASTM C 595 NTP 834.090
<u>REQUERIMIENTOS QUIMICOS:</u>		
Óxido de Magnesio, MgO, %	1.54	6.00 Máximo
Trióxido de Azufre, SO ₃ , %	1.80	4.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, F.F %	2.38	5.00 Máximo
<u>REQUERIMIENTOS FISICOS:</u>		
Peso Específico (g/cm ³)	2.83	No Especifica
Expansión en Autoclave, %	-0.08	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fraguado (Inicial)	234	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	269	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	8.59	12.00 Máximo
Superficie específica Blaine	4961	No Especifica
Resistencia a la Compresión, MPA, (Kgf/cm ²)		Mínimo :
01 día	10.22 (104)	No Especifica
03 días	20.01 (204)	18.0 (183)
07 días	24.20 (247)	20.0 (204)
28 días	32.23 (329)	25.0 (255)

Este Documento muestra Características Típicas del Promedio Mensual de la Producción del mes de Diciembre confirmando que este cemento cumple especificaciones de las normas ASTM C- 595 y NTP 834.090

Arequipa, 02 de Enero 2017

Gonzalo Álvarez Cárdenas
Jefe de Control de Calidad
Yura S.A.

Planta: Carretera Yura Km. 26 - Arequipa
Oficina comercial: Av. General Díaz Canseco 527 - Arequipa
Telf.: (01 94) 420060 / 422000



ANEXO B-2: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PRENSA DE CONCRETO.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-017-2019

Laboratorio de Fuerza

Pág. 1 de 2

Expediente 19004
Solicitante UNIVERSIDAD NACIONAL DE ALTIPLANO – PUNO
Dirección AV. EL SOL NRO. 329 BARRIO BELLAVISTA PUNO-PUNO-PUNO
Instrumento de Medición Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos
 Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión
Equipo Calibrado PRENSA DE CONCRETO (DIGITAL)

Marca (o Fabricante) ELE INTERNATIONAL
Modelo 36-3086/01
Número de Serie 1796-8-2299
Identificación NO INDICA
Procedencia USA
Indicador de Lectura DIGITAL
Alcance de Indicación 0 KN a 1200 KN
Resolución 0,1 KN
Marca (o Fabricante) ELE INTERNATIONAL
Modelo 1886B0033(ADR.)
Número de Serie 1886-1-4335
Identificación NO INDICA
Transductor de Fuerza TRANSDUCTOR
Marca (o Fabricante) NO INDICA
Modelo NO INDICA
Número de Serie o Identificación NO INDICA
Ubic. Del Instrumento LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES
Lugar de Calibración AV. JORGE BASADRE 640 – PUNO
Fecha de Calibración 2019-01-16

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Sello



Fecha de emisión

2019-01-18

Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL

 JESUS QUINTO C.
 JEFE DE LABORATORIO

ANEXO B-3: CERTIFICADO DEL ADITIVO



W-68

Fecha de Emisión: Junio 6,12
Revisión: 5
Fecha de Revisión: Set 13, 17
Pagina 1 de 1

Industrias Ulmen S.A. Aditivos para concretos

DESCRIPCIÓN

W-68 pertenece a la familia GAIA NANOSILICE, donde las reacciones químicas en la mezcla cementicia convierten las nanopartículas de sílice en nanopartículas de cemento.

No contiene cloruros, no es tóxico ni inflamable.

No requiere cuidados ni precauciones especiales y se trata como cualquier aditivo convencional.

PROPIEDADES

Reduce la razón agua cemento sin alterar la plasticidad del concreto.

Mantiene la fluidez del concreto fresco sin alterar negativamente las resistencias mecánicas.

CAMPO DE APLICACIÓN

Es adecuado para concretos bombeables, fluidos, premezclados y pretensados.

INFORMACIÓN TÉCNICA

Aspecto	: Líquido levemente viscoso.
Color	: Café claro
Densidad	: $1,050 \pm 0,02$ g/mL
Viscosidad	: 17 ± 2 (s)
pH	: 7 ± 1
Sólidos	: 21 ± 3
Envase	: Cilindro de 220 kg. o Contenedor retornable de 1100 kg.

USO Y DOSIS

Se agrega directamente sobre el hormigón en dosis que varían entre 0,5 y 2% del peso del cemento. La dosis más adecuada debe determinarse con ensayos de laboratorio

DURACIÓN

6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001:2008



Decolonización Las Vertientes Mz C-1 Sub Lt 2-F Villa El Salvador. Lima
Teléfonos (51-1) 719.4126 719.4127

www.cognoscibletechnologies.com

www.ulmen.cl

atencionalcliente@ulmen.cl

ANEXO C: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

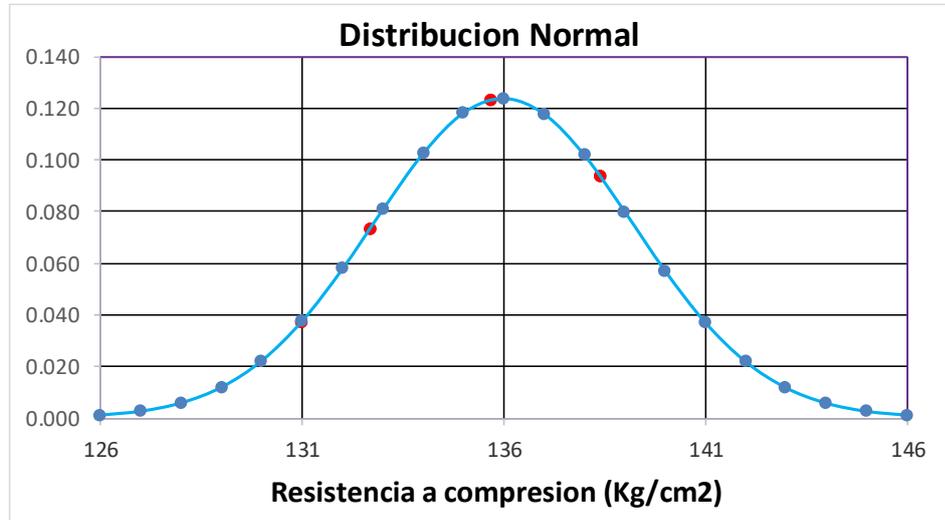
tabla 1.1. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto Normal

RESISTENCIA A LA COMPRESION ($f'c$) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO NORMAL		MUESTRA	$f'c(Xi)$
		CN-01	138.39
		CN-02	135.69
		CN-03	132.68
		CN-04	130.98

tabla 1.1.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	$fi \cdot Xi$	$Xi-u$	$(Xi-u)^2$	$fi \cdot (Xi-u)^2$
[130.98 133.48 >	132.23	1	1	132.23	-3.75	14.0625	14.0625
[133.48 135.98 >	134.73	1	2	134.73	-1.25	1.5625	1.5625
[135.98 138.48 >	137.23	1	3	137.23	1.25	1.5625	1.5625
[138.48 140.98 >	139.73	1	4	139.73	3.75	14.0625	14.0625
	135.98	4		543.92		31.25	31.25

NUMERO DE MUESTRAS: n		4
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 138.39 Xmin= 130.98	7.41
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K		3.00
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C		2.50
MEDIA: u		135.98
VARIANZA (S^2)		10.42
DESVIACION ESTÁNDAR		3.23
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)		2.37
PERCENTIL: P10 ≥ 0.60		132.48
PERCENTIL: P25 ≥ 1.5		134.73
PERCENTIL: P50 ≥ 3.0		138.48
PERCENTIL: P75 ≥ 4.5		142.23
PERCENTIL: P90 ≥ 5.4		144.48
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 --> izquierdo; As=0 ;As>0-->derecho)	0.00
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 --> leptot; As=0.263-->meso ;As>0.263-->plati)	0.313



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

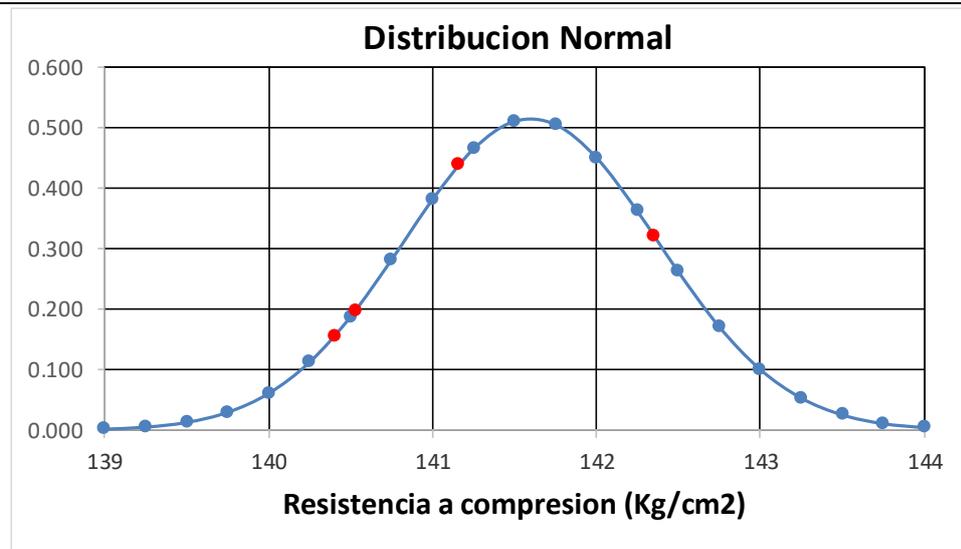
tabla 1.2. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto Normal

RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO NORMAL		MUESTRA	f'c(Xi)
		CN-05	142.35
CN-06	141.16		
CN-07	140.53		
CN-08	140.40		

tabla 1.2.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi*Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[140.40 141.00 >	140.7	1	1	140.7	-0.90	0.81	0.81
[141.00 141.60 >	141.3	1	2	141.3	-0.30	0.09	0.09
[141.60 142.20 >	141.9	1	3	141.9	0.30	0.09	0.09
[142.20 142.80 >	142.5	1	4	142.5	0.90	0.81	0.81
	141.6	4		566.4		1.8	1.8

NUMERO DE MUESTRAS: n		4
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 142.35 Xmin= 140.40	1.95
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K		3.00
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C		0.60
MEDIA: u		141.60
VARIANZA (S^2)		0.60
DESVIACION ESTÁNDAR		0.77
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)		0.55
PERCENTIL: P10 >=0.60		140.76
PERCENTIL: P25 >=1.5		141.30
PERCENTIL: P50 >=3.0		142.20
PERCENTIL: P75 >=4.5		143.10
PERCENTIL: P90 >=5.4		143.64
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 -> izquierdo; As=0 ;As>0->derecho)	0.00
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 -> leptó; As=0.263->meso ;As>0.263->plati)	0.312



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

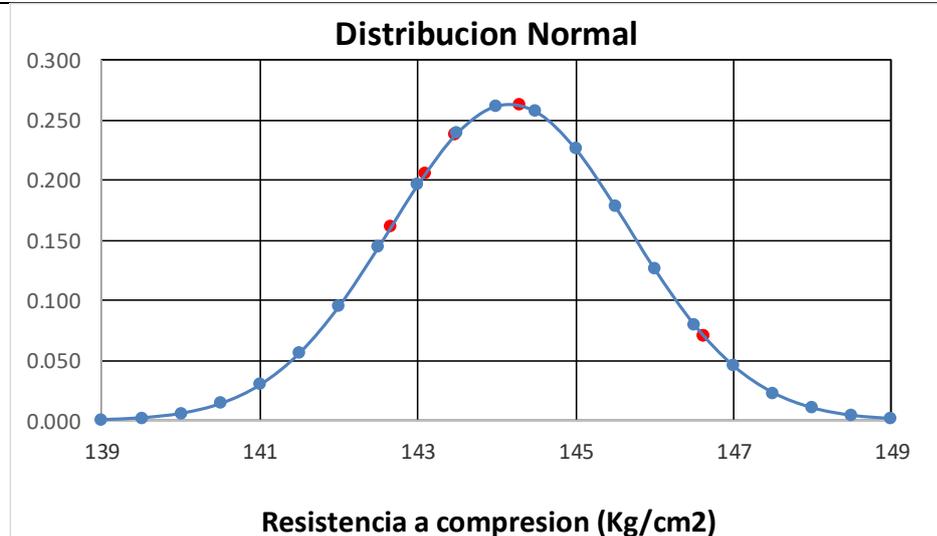
tabla 1.3. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto Normal

MUESTRA	f'c(Xi)
CN-09	146.62
CN-10	146.62
CN-11	144.30
CN-12	143.48
CN-13	143.48
CN-14	143.10
CN-15	142.66

tabla 1.3.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi*Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[142.66 143.66 >	143.16	4	4	572.64	-1.50	2.25	9
[143.66 144.66 >	144.16	1	5	144.16	-0.50	0.25	0.25
[144.66 145.66 >	145.16	0	5	0	0.50	0.25	0
[145.66 146.66 >	146.16	2	7	292.32	1.50	2.25	4.5
	144.66	7		1009.12			5
							13.75

NUMERO DE MUESTRAS: n		7
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 146.62 Xmin= 142.66	3.96
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K		4.00
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C		1.00
MEDIA: u		144.16
VARIANZA (S ^2)		2.29
DESVIACION ESTÁNDAR		1.51
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)		1.05
PERCENTIL: P10 >=0.60		142.81
PERCENTIL: P25 >=1.5		143.04
PERCENTIL: P50 >=3.0		143.41
PERCENTIL: P75 >=4.5		144.16
PERCENTIL: P90 >=5.4		145.86
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 --> izquierdo; As=0 ;As>0-->derecho)	0.61
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 --> leptó; As=0.263-->meso ;As>0.263-->plati)	0.184



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

tabla 2.1. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto con Aditivo Anticongelante

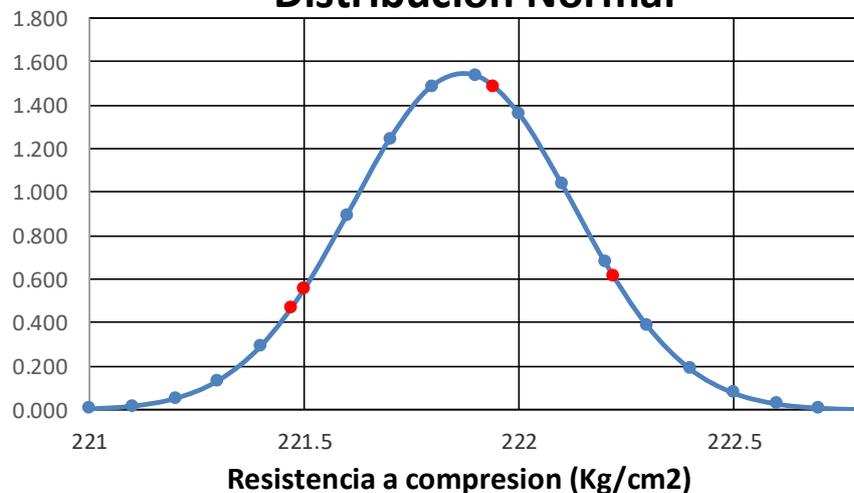
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CON ADITIVO ANTICONGELANTE	MUESTRA	f'c(Xi)
	CN-01	222.22
	CN-02	221.94
	CN-03	221.50
	CN-04	221.47

tabla 2.1.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi*Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[221.47 221.67 >	221.57	1	1	221.57	-0.30	0.09	0.09
[221.67 221.87 >	221.77	1	2	221.77	-0.10	0.01	0.01
[221.87 222.07 >	221.97	1	3	221.97	0.10	0.01	0.01
[222.07 222.27 >	222.17	1	4	222.17	0.30	0.09	0.09
	221.87	4		887.48		0.2	0.2

NUMERO DE MUESTRAS: n		4
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 222.22 Xmin= 221.47	0.75
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K		3.00
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C		0.20
MEDIA: u		221.87
VARIANZA (S^2)		0.07
DESVIACION ESTÁNDAR		0.26
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)		0.12
PERCENTIL: P10 >=0.60		221.59
PERCENTIL: P25 >=1.5		221.77
PERCENTIL: P50 >=3.0		222.07
PERCENTIL: P75 >=4.5		222.37
PERCENTIL: P90 >=5.4		222.55
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 -> izquierdo; As=0 ;As>0->derecho)	0.00
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 -> leptó; As=0.263->meso ;As>0.263->plati)	0.313

Distribucion Normal



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

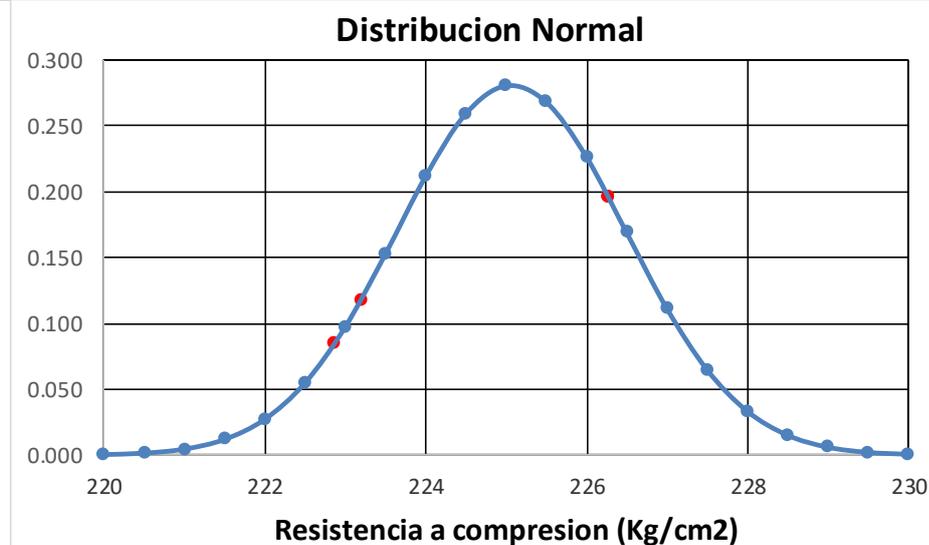
tabla 2.2. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto con Aditivo Anticongelante

RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CON ADITIVO ANTICONGELANTE	MUESTRA	f'c(Xi)
	CN-05	226.27
	CN-06	226.27
	CN-07	223.20
	CN-08	222.87

tabla 2.2.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi*Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[222.87 223.97 >	223.42	1	1	223.42	-1.65	2.7225	2.7225
[223.97 225.07 >	224.52	1	2	224.52	-0.55	0.3025	0.3025
[225.07 226.17 >	225.62	1	3	225.62	0.55	0.3025	0.3025
[226.17 227.27 >	226.72	1	4	226.72	1.65	2.7225	2.7225
	225.07	4		900.28		6.05	6.05

NUMERO DE MUESTRAS: n		4
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 226.27 Xmin= 222.87	3.40
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K		3.00
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C		1.10
MEDIA: u		225.07
VARIANZA (S^2)		2.02
DESVIACION ESTÁNDAR		1.42
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)		0.63
PERCENTIL: P10 >=0.60		223.53
PERCENTIL: P25 >=1.5		224.52
PERCENTIL: P50 >=3.0		226.17
PERCENTIL: P75 >=4.5		227.82
PERCENTIL: P90 >=5.4		228.81
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 -> izquierdo; As=0 ;As>0->derecho)	0.00
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 -> leptu; As=0.263->meso ;As>0.263->plati)	0.313



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

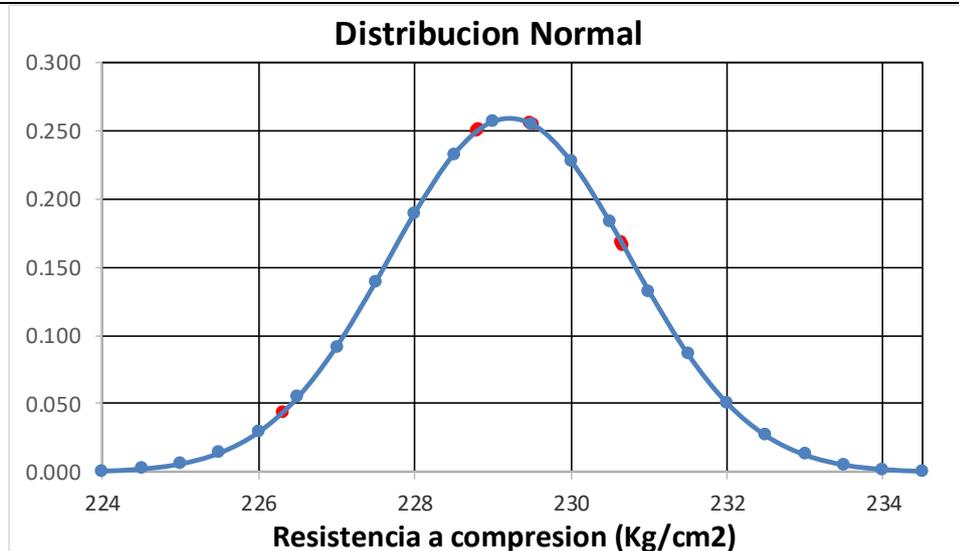
tabla 2.3. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto con Aditivo Anticongelante

MUESTRA	f'c(Xi)
CN-09	230.67
CN-10	230.65
CN-11	229.52
CN-12	229.47
CN-13	228.82
CN-14	228.79
CN-15	226.31

tabla 2.3.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi*Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[226.31 227.41 >	226.86	1	1	226.86	-1.65	2.7225	2.7225
[227.41 228.51 >	227.96	1	2	227.96	-0.55	0.3025	0.3025
[228.51 229.61 >	229.06	1	3	229.06	0.55	0.3025	0.3025
[229.61 230.71 >	230.16	4	7	920.64	1.65	2.7225	10.89
	228.51	7		1604.52		6.05	14.2175

NUMERO DE MUESTRAS: n		7
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 230.67	Xmin= 226.31
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K		3.81
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C		1.10
MEDIA: u		229.22
VARIANZA (S ²)		2.37
DESVIACION ESTÁNDAR		1.54
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)		0.67
PERCENTIL: P10 >=0.60		226.97
PERCENTIL: P25 >=1.5		227.96
PERCENTIL: P50 >=3.0		229.61
PERCENTIL: P75 >=4.5		231.26
PERCENTIL: P90 >=5.4		230.27
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 -> izquierdo; As=0 ;As>0->derecho)	-0.60
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 -> leptó ; As=0.263->meso ;As>0.263->plati)	0.500



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

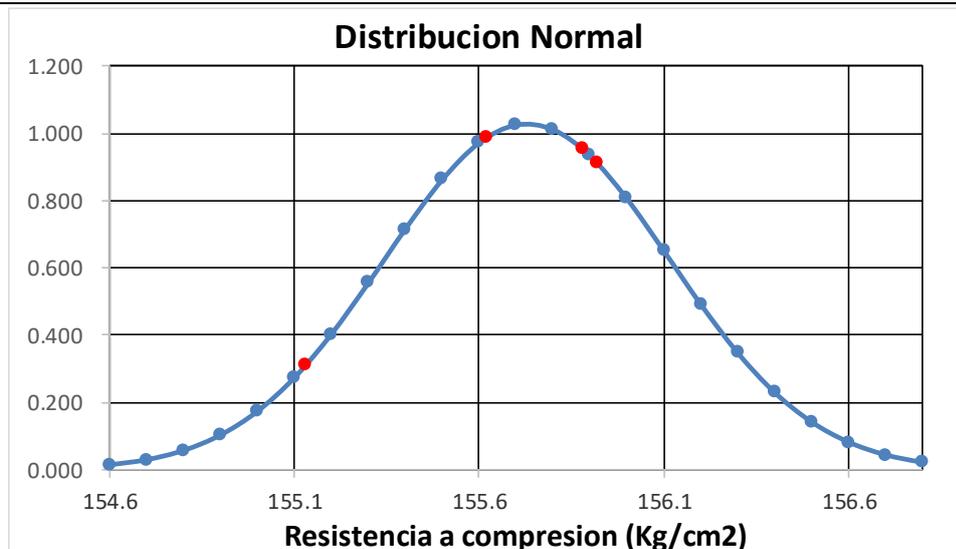
tabla 3.1. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto con Agua Caliente a 40°C

RESISTENCIA A LA COMPRESION ($f'c$) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CON AGUA CALIENTE A 40°C		MUESTRA	$f'c(Xi)$
		CN-01	155.92
CN-02	155.88		
CN-03	155.62		
CN-04	155.13		

tabla 3.1.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	$fi \cdot Xi$	$Xi - u$	$(Xi - u)^2$	$fi \cdot (Xi - u)^2$
[155.13 155.43 >	155.28	1	1	155.28	-0.45	0.2025	0.2025
[155.43 155.73 >	155.58	1	2	155.58	-0.15	0.0225	0.0225
[155.73 156.03 >	155.88	1	3	155.88	0.15	0.0225	0.0225
[156.03 156.33 >	156.18	1	4	156.18	0.45	0.2025	0.2025
	155.73	4		622.92		0.45	0.45

NUMERO DE MUESTRAS: n			4
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 155.92	Xmin= 155.13	0.79
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K			3.00
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C			0.30
MEDIA: u			155.73
VARIANZA (S^2)			0.15
DESVIACION ESTÁNDAR			0.39
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)			0.25
PERCENTIL: P10 ≥ 0.60			155.31
PERCENTIL: P25 ≥ 1.5			155.58
PERCENTIL: P50 ≥ 3.0			156.03
PERCENTIL: P75 ≥ 4.5			156.48
PERCENTIL: P90 ≥ 5.4			156.75
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 -> izquierdo; As=0 ;As>0->derecho)		0.00
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 -> leptu; As=0.263->meso ;As>0.263->plati)		0.313



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

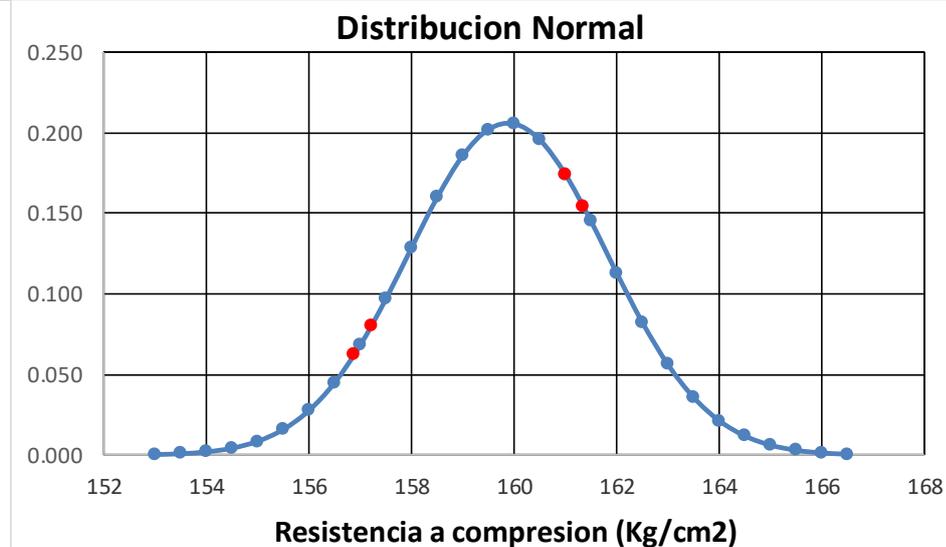
tabla 3.2. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto con Agua Caliente a 40°C

RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CON AGUA CALIENTE A 40°C		MUESTRA	f'c(Xi)
		CN-05	161.35
CN-06	161.01		
CN-07	157.22		
CN-08	156.88		

tabla 3.2.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi*Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[156.88 158.38 >	157.63	1	1	157.63	-2.25	5.0625	5.0625
[158.38 159.88 >	159.13	1	2	159.13	-0.75	0.5625	0.5625
[159.88 161.38 >	160.63	1	3	160.63	0.75	0.5625	0.5625
[161.38 162.88 >	162.13	1	4	162.13	2.25	5.0625	5.0625
	159.88	4		639.52		11.25	11.25

NUMERO DE MUESTRAS: n			4
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 161.35	Xmin= 156.88	4.47
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K			3.00
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C			1.50
MEDIA: u			159.88
VARIANZA (S ²)			3.75
DESVIACION ESTÁNDAR			1.94
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)			1.21
PERCENTIL: P10 >=0.60			157.78
PERCENTIL: P25 >=1.5			159.13
PERCENTIL: P50 >=3.0			161.38
PERCENTIL: P75 >=4.5			163.63
PERCENTIL: P90 >=5.4			164.98
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 -> izquierdo; As=0 ;As>0->derecho)		0.00
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 -> leptu; As=0.263->meso ;As>0.263->plati)		0.313



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

tabla 3.3. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto con Agua Caliente a 40°C

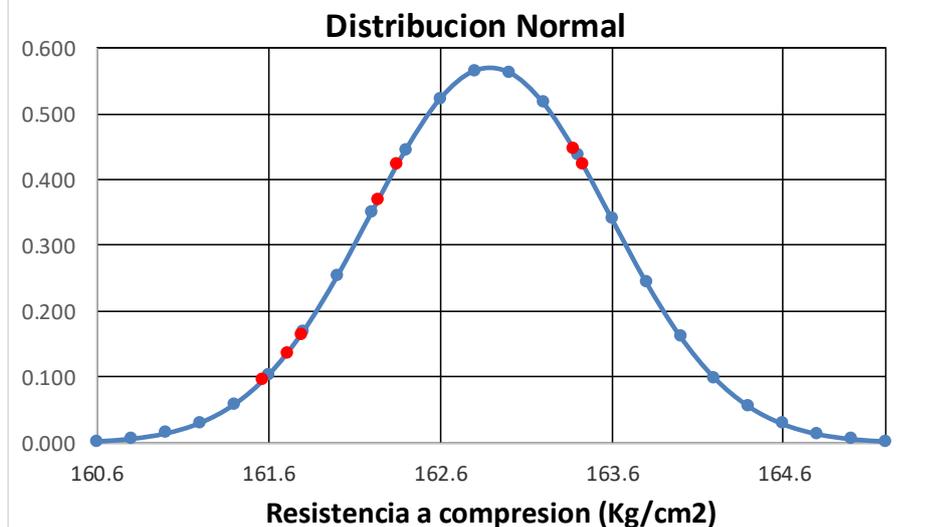
MUESTRA	f'c(Xi)
CN-09	163.43
CN-10	163.38
CN-11	162.35
CN-12	162.24
CN-13	161.79
CN-14	161.71
CN-15	161.57

**RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c)
OBTENIDAS A LOS 28 DIAS
CON AGUA CALIENTE A 40°C**

tabla 3.3.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi*Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[161.57 162.07 >	161.82	1	1	161.82	-0.75	0.5625	0.5625
[162.07 162.57 >	162.32	1	2	162.32	-0.25	0.0625	0.0625
[162.57 163.07 >	162.82	1	3	162.82	0.25	0.0625	0.0625
[163.07 163.57 >	163.32	4	7	653.28	0.75	0.5625	2.25
	162.57	7		1140.24		1.25	2.9375

NUMERO DE MUESTRAS: n		7
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 163.43	Xmin= 161.57
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K		3.81
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C		0.50
MEDIA: u		162.89
VARIANZA (S ²)		0.49
DESVIACION ESTÁNDAR		0.70
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)		0.43
PERCENTIL: P10 >=0.60		161.87
PERCENTIL: P25 >=1.5		162.32
PERCENTIL: P50 >=3.0		163.07
PERCENTIL: P75 >=4.5		163.82
PERCENTIL: P90 >=5.4		163.37
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 -> izquierdo; As=0 ;As>0->derecho)	-0.60
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 -> leptó; As=0.263->meso ;As>0.263->plati)	0.500



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

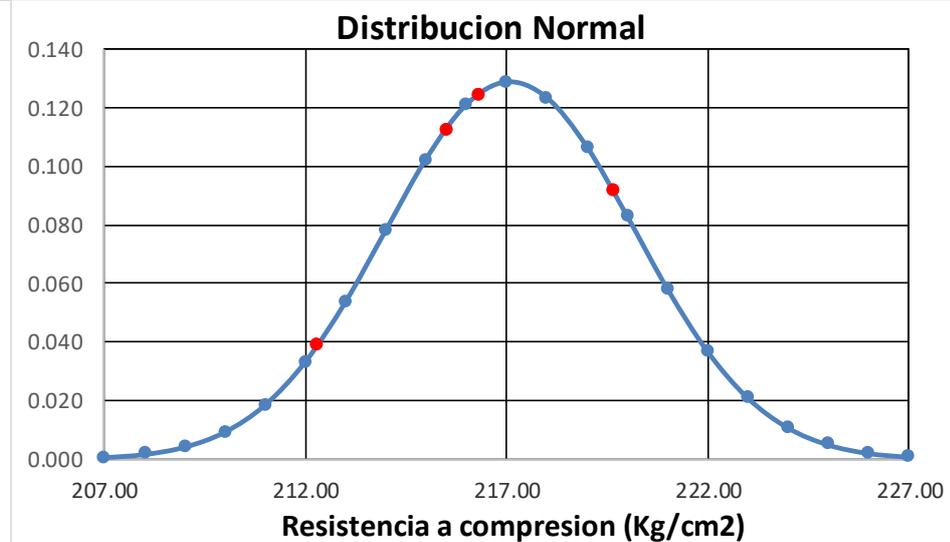
tabla 4.1. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto con Agua Caliente a 65°C

RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CON AGUA CALIENTE A 65°C		MUESTRA	f'c(Xi)
		CN-01	219.65
CN-02	216.31		
CN-03	215.50		
CN-04	212.30		

tabla 4.1.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi*Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[212.30 214.70 >	213.5	1	1	213.5	-3.60	12.96	12.96
[214.70 217.10 >	215.9	1	2	215.9	-1.20	1.44	1.44
[217.10 219.50 >	218.3	1	3	218.3	1.20	1.44	1.44
[219.50 221.90 >	220.7	1	4	220.7	3.60	12.96	12.96
	217.1	4		868.4		28.8	28.8

NUMERO DE MUESTRAS: n		4
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 219.65 Xmin= 212.30	7.35
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K		3.00
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C		2.40
MEDIA: u		217.10
VARIANZA (S^2)		9.60
DESVIACION ESTÁNDAR		3.10
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)		1.43
PERCENTIL: P10 >=0.60		213.74
PERCENTIL: P25 >=1.5		215.90
PERCENTIL: P50 >=3.0		219.50
PERCENTIL: P75 >=4.5		223.10
PERCENTIL: P90 >=5.4		225.26
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 -> izquierdo; As=0 ;As>0->derecho)	0.00
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 -> leptó; As=0.263->meso ;As>0.263->plati)	0.312



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

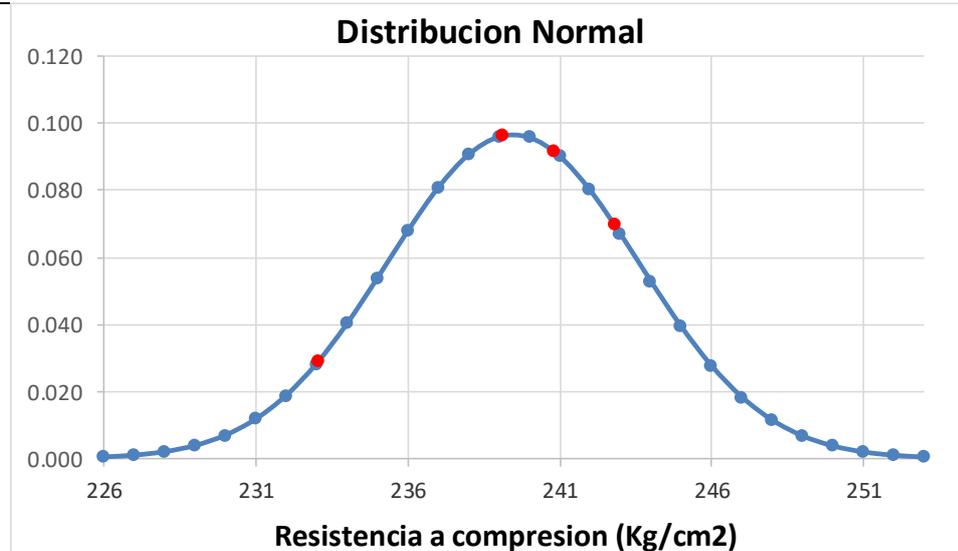
tabla 4.2. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto con Agua Caliente a 65°C

RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CON AGUA CALIENTE A 65°C	MUESTRA	f'c(Xi)
	CN-05	242.81
	CN-06	240.79
	CN-07	239.14
	CN-08	233.07

tabla 4.2.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi*Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[233.07 236.27 >	234.67	1	1	234.67	-4.80	23.04	23.04
[236.27 239.47 >	237.87	1	2	237.87	-1.60	2.56	2.56
[239.47 242.67 >	241.07	1	3	241.07	1.60	2.56	2.56
[242.67 245.87 >	244.27	1	4	244.27	4.80	23.04	23.04
	239.47	4		957.88		51.2	51.2

NUMERO DE MUESTRAS: n		4
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 242.81 Xmin= 233.07	9.74
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K		3.00
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C		3.20
MEDIA: u		239.47
VARIANZA (S^2)		17.07
DESVIACION ESTÁNDAR		4.13
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)		1.73
PERCENTIL: P10 >=0.60		234.99
PERCENTIL: P25 >=1.5		237.87
PERCENTIL: P50 >=3.0		242.67
PERCENTIL: P75 >=4.5		247.47
PERCENTIL: P90 >=5.4		250.35
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 -> izquierdo; As=0 ;As>0->derecho)	0.00
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 -> leptó; As=0.263->meso ;As>0.263->plati)	0.313



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

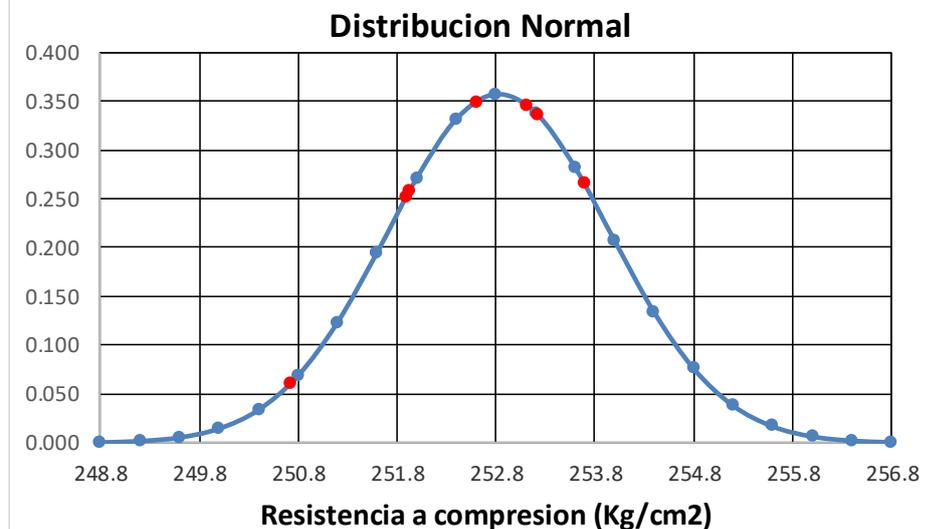
tabla 4.3. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto con Agua Caliente a 65°C

		MUESTRA	f'c(Xi)
		RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CON AGUA CALIENTE A 65°C	
CN-10	253.22		
CN-11	253.12		
CN-12	252.61		
CN-13	251.93		
CN-14	251.90		
CN-15	250.72		

tabla 4.3.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi*Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[250.72 251.52 >	251.12	1	1	251.12	-1.20	1.44	1.44
[251.52 252.32 >	251.92	1	2	251.92	-0.40	0.16	0.16
[252.32 253.12 >	252.72	1	3	252.72	0.40	0.16	0.16
[253.12 253.92 >	253.52	4	7	1014.08	1.20	1.44	5.76
	252.32	7		1769.84		3.2	7.52

NUMERO DE MUESTRAS: n		7
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 253.69 Xmin= 250.72	2.97
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K		3.81
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C		0.80
MEDIA: u		252.83
VARIANZA (S ²)		1.25
DESVIACION ESTÁNDAR		1.12
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)		0.44
PERCENTIL: P10 >=0.60		251.20
PERCENTIL: P25 >=1.5		251.92
PERCENTIL: P50 >=3.0		253.12
PERCENTIL: P75 >=4.5		254.32
PERCENTIL: P90 >=5.4		253.60
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 -> izquierdo; As=0 ;As>0->derecho)	-0.60
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 -> leptó; As=0.263->meso ;As>0.263->plati)	0.500



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

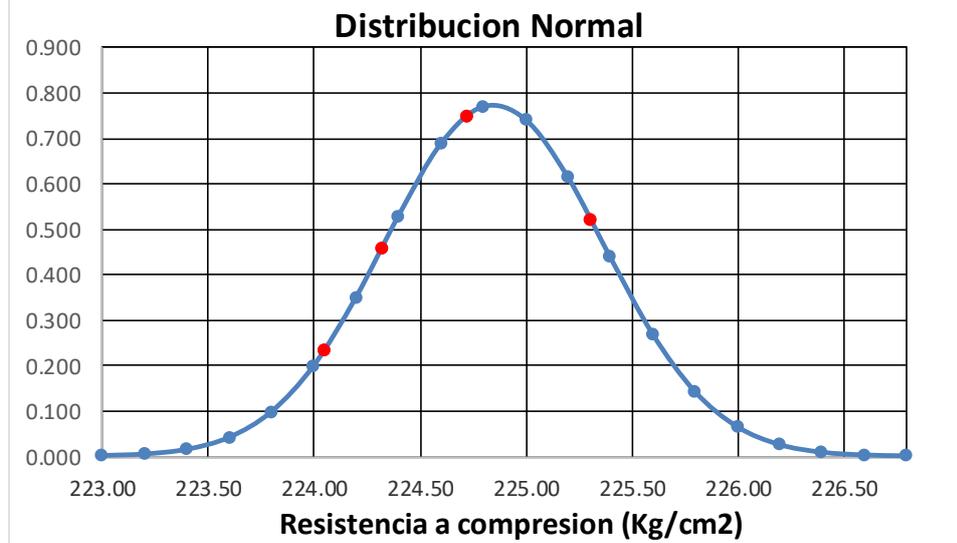
tabla 5.1. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto con Agua Caliente a 90°C

RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CON AGUA CALIENTE A 90°C	MUESTRA	f'c(Xi)
	CN-01	225.31
	CN-02	224.72
	CN-03	224.32
	CN-04	224.05

tabla 5.1.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi*Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[224.05 224.45 >	224.25	1	1	224.25	-0.60	0.36	0.36
[224.45 224.85 >	224.65	1	2	224.65	-0.20	0.04	0.04
[224.85 225.25 >	225.05	1	3	225.05	0.20	0.04	0.04
[225.25 225.65 >	225.45	1	4	225.45	0.60	0.36	0.36
	224.85	4		899.4		0.8	0.8

NUMERO DE MUESTRAS: n		4
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 225.31 Xmin= 224.05	1.26
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K		3.00
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C		0.40
MEDIA: u		224.85
VARIANZA (S^2)		0.27
DESVIACION ESTÁNDAR		0.52
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)		0.23
PERCENTIL: P10 >=0.60		224.29
PERCENTIL: P25 >=1.5		224.65
PERCENTIL: P50 >=3.0		225.25
PERCENTIL: P75 >=4.5		225.85
PERCENTIL: P90 >=5.4		226.21
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 -> izquierdo; As=0 ;As>0->derecho)	0.00
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 -> leptó; As=0.263->meso ;As>0.263->plati)	0.312



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

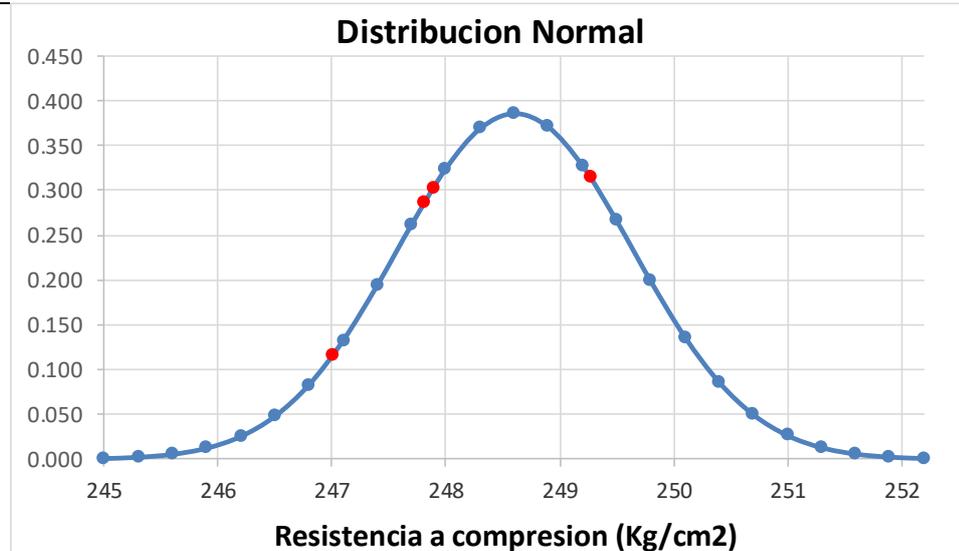
tabla 5.2. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto con Agua Caliente a 90°C

RESISTENCIA A LA COMPRESION ($f'c$) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CON AGUA CALIENTE A 90°C		MUESTRA	$f'c(Xi)$
		CN-05	249.27
CN-06	247.89		
CN-07	247.81		
CN-08	247.01		

tabla 5.2.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	$fi \cdot Xi$	$Xi - u$	$(Xi - u)^2$	$fi \cdot (Xi - u)^2$
[247.01 247.81 >	247.41	1	1	247.41	-1.20	1.44	1.44
[247.81 248.61 >	248.21	1	2	248.21	-0.40	0.16	0.16
[248.61 249.41 >	249.01	1	3	249.01	0.40	0.16	0.16
[249.41 250.21 >	249.81	1	4	249.81	1.20	1.44	1.44
	248.61	4		994.44		3.2	3.2

NUMERO DE MUESTRAS: n		4
RANGO DE DATOS: Rx	$X_{max} = 249.27$ $X_{min} = 247.01$	2.26
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K		3.00
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C		0.80
MEDIA: u		248.61
VARIANZA (S^2)		1.07
DESVIACION ESTÁNDAR		1.03
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)		0.42
PERCENTIL: P10 ≥ 0.60		247.49
PERCENTIL: P25 ≥ 1.5		248.21
PERCENTIL: P50 ≥ 3.0		249.41
PERCENTIL: P75 ≥ 4.5		250.61
PERCENTIL: P90 ≥ 5.4		251.33
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	($As < 0 \rightarrow$ izquierdo; $As = 0$; $As > 0 \rightarrow$ derecho)	0.00
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	($k < 0.263 \rightarrow$ leptó; $As = 0.263 \rightarrow$ meso; $As > 0.263 \rightarrow$ plati)	0.313



Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

tabla 5.3. Datos de Resistencia a la Compresion
Concreto con Agua Caliente a 90°C

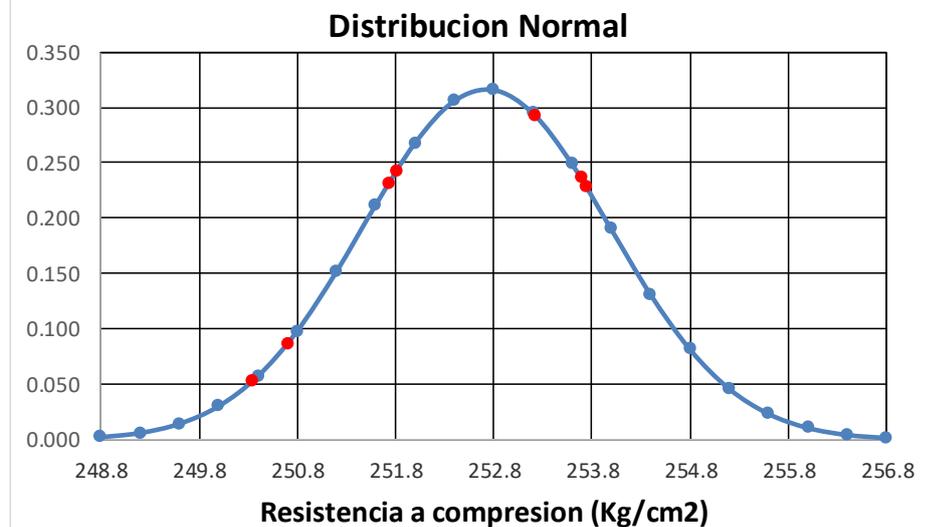
MUESTRA	f'c(Xi)
CN-09	253.75
CN-10	253.69
CN-11	253.23
CN-12	251.81
CN-13	251.73
CN-14	250.70
CN-15	250.35

**RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c)
OBTENIDAS A LOS 28 DIAS
CON AGUA CALIENTE A 90°C**

tabla 5.3.1. Analisis estadistico

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi*Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[250.35 251.25 >	250.8	1	1	250.8	-1.35	1.8225	1.8225
[251.25 252.15 >	251.7	1	2	251.7	-0.45	0.2025	0.2025
[252.15 253.05 >	252.6	1	3	252.6	0.45	0.2025	0.2025
[253.05 253.95 >	253.5	4	7	1014	1.35	1.8225	7.29
	252.15	7		1769.1		4.05	9.5175

NUMERO DE MUESTRAS: n		7
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 253.75	Xmin= 250.35
NUMERO DE INTERVALO DE CLASE: K		3.81
TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C		0.90
MEDIA: u		252.73
VARIANZA (S^2)		1.59
DESVIACION ESTÁNDAR		1.26
COEFICIENTE DE VARIACION (CV)		0.50
PERCENTIL: P10	>=0.60	250.89
PERCENTIL: P25	>=1.5	251.70
PERCENTIL: P50	>=3.0	253.05
PERCENTIL: P75	>=4.5	254.40
PERCENTIL: P90	>=5.4	253.59
COEFICIENTE DE ASIMETRIA: As	(As<0 -> izquierdo; As=0 ;As>0->derecho)	-0.60
COEFICIENTE DE CURTOSIS: K	(k<0.263 -> leptos; As=0.263->meso ;As>0.263->plati)	0.500





ANEXO D-1: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Prueba de Hipótesis: Resistencia a la Compresión del Concreto Normal
a los 7 días, a temperaturas inferiores a 5°C

Concreto Normal (1) :

CN

Muestra comparada (2) :

Aditivo Anticongelante

1.- Parámetros de interés :

Aditivo Anticongelante	CN	W68
Numero de muestras: N	4	4
Media: u	135.98	221.87
Varianza: σ^2	10.42	0.07

2.- Hipótesis :

u1: f'c promedio del grupo 1.
u2: f'c promedio del grupo 2.

a.- Hipótesis nula :

Ho: $u1 \geq u2$ se rechaza la hipótesis nula, si $Zo < -Z$; si la resistencia a la compresión (7 días) desarrollada por el concreto con Aditivo Anticongelante, **es menor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

a.- Hipótesis alternativa :

Ha: $u1 < u2$ si la resistencia a la compresión (7 días) desarrollada por el concreto con Aditivo Anticongelante, **es mayor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

3.- Nivel de significancia :

$\alpha=0.05$ $z= 1.645$

4.- Estadístico de prueba :

El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u1 - u2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:

Zo: Estadístico de prueba.

u1,u2: Resistencia promedio de grupos.

σ_1, σ_2 : Desviación estandar de grupos.

n1,n2: Cantidad especimenes de grupos.

Prueba Z:Zo	-53.055
-------------	---------

5.- Regla de decisión :

Del anexo 04 Distribución Normal, se tiene para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.

Rechazar Ho si: $Zo < -1.645$

6.- Interpretación :

Se rechaza: Ho

Puesto que $Zo = -53.055$ es menor < -1.645 , **se rechaza** $Ho: u1 \geq u2$ y **se acepta** $Ha: u1 < u2$; con un nivel de significancia de 0.05, y se concluye que: La resistencia a la compresion (7 dias) desarrollada con Aditivo Anticongelante, **es mayor** que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.

ANEXO D-2: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Prueba de Hipótesis: Resistencia a la Compresión del Concreto Normal
a los 14 días, a temperaturas inferiores a 5°C

Concreto Normal (1) :

CN

Muestra comparada (2) :

Aditivo Anticongelante

1.- Parámetros de interés :

Aditivo Anticongelante	CN	W68
Numero de muestras: N	4	4
Media: u	141.60	225.07
Varianza: σ^2	0.60	2.02

2.- Hipótesis : **u1:** f'c promedio del grupo 1.
u2: f'c promedio del grupo 2.

a.- Hipótesis nula : **Ho:**

$u1 \geq u2$

 se rechaza la hipótesis nula, si $Z_o < -Z$; si la resistencia a la compresión (14 días) desarrollada por el concreto con Aditivo Anticongelante, **es menor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

a.- Hipótesis alternativa : **Ha:**

$u1 < u2$

 si la resistencia a la compresión (14 días) desarrollada por el concreto con Aditivo Anticongelante, **es mayor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

3.- Nivel de significancia :

$\alpha=0.05$	$z= 1.645$
---------------	------------

4.- Estadístico de prueba : El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u1 - u2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:

Zo: Estadístico de prueba.

u1, u2: Resistencia promedio de grupos.

σ_1, σ_2 : Desviación estandar de grupos.

n1, n2: Cantidad especimenes de grupos.

Prueba Z:Zo	-103.202
-------------	----------

5.- Regla de decisión : Del anexo 04 Distribución Normal, se tiene para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.

Rechazar Ho si: $Z_o < -1.645$

6.- Interpretación :

Se rechaza: Ho

Puesto que $Z_o = -103.202$ es menor < -1.645 , **se rechaza** Ho: $u1 \geq u2$ y **se acepta** Ha: $u1 < u2$; con un nivel de significancia de 0.05, y se concluye que: La resistencia a la compresión (14 días) desarrollada con Aditivo Anticongelante, **es mayor** que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.

ANEXO D-3: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Prueba de Hipótesis: Resistencia a la Compresión del Concreto Normal
a los 28 días, a temperaturas inferiores a 5°C

Concreto Normal (1) :

CN

Muestra comparada (2) :

Aditivo Anticongelante

1.- Parámetros de interés :

Aditivo Anticongelante	CN	W68
Numero de muestras: N	7	7
Media: u	144.16	229.22
Varianza: σ^2	2.29	2.37

2.- Hipótesis :

u1: f'c promedio del grupo 1.

u2: f'c promedio del grupo 2.

a.- Hipótesis nula :

Ho:

$u1 \geq u2$

 se rechaza la hipótesis nula, si $Z_o < -Z$; si la resistencia a la compresión (28 días) desarrollada por el concreto con Aditivo Anticongelante, **es menor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

a.- Hipótesis alternativa :

Ha:

$u1 < u2$

 si la resistencia a la compresión (28 días) desarrollada por el concreto con Aditivo Anticongelante, **es mayor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

3.- Nivel de significancia :

$\alpha=0.05$	$z=1.645$
---------------	-----------

4.- Estadístico de prueba :

El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u1 - u2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:

Zo: Estadístico de prueba.

u1, u2: Resistencia promedio de grupos.

σ_1, σ_2 : Desviación estandar de grupos.

n1, n2: Cantidad especimenes de grupos.

Prueba Z:Zo	-104.234
-------------	----------

5.- Regla de decisión :

Del anexo 04 Distribución Normal, se tiene para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.

Rechazar Ho si: $Z_o < -1.645$

6.- Interpretación :

Se rechaza: Ho

Puesto que $Z_o = -104.234$ es menor < -1.645 , **se rechaza** $H_o: u1 \geq u2$ y **se acepta** $H_a: u1 < u2$; con un nivel de significancia de 0.05, y se concluye que: La resistencia a la compresion (28 dias) desarrollada con Aditivo Anticongelante, **es mayor** que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.

ANEXO D-4: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Prueba de Hipótesis: Resistencia a la Compresión del Concreto Normal
a los 7 días, a temperaturas inferiores a 5°C

Concreto Normal (1) :

CN

Muestra comparada (2) :

Agua Caliente a 40°C

1.- Parámetros de interés :

Aditivo Anticongelante	CN	40°C
Numero de muestras: N	4	4
Media: u	135.98	155.73
Varianza: σ^2	10.42	0.15

2.- Hipótesis :

u1: f'c promedio del grupo 1.
u2: f'c promedio del grupo 2.

a.- Hipótesis nula :

Ho: $u_1 \geq u_2$ se rechaza la hipótesis nula, si $Z_o < -Z$; si la resistencia a la compresión (7 días) desarrollada por el Concreto con Agua Caliente a 40°C, **es menor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

a.- Hipótesis alternativa :

Ha: $u_1 < u_2$ si la resistencia a la compresión (7 días) desarrollada por el concreto con Agua Caliente a 40°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

3.- Nivel de significancia :

$\alpha=0.05$ $z= 1.645$

4.- Estadístico de prueba :

El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:

Zo: Estadístico de prueba.

u1,u2: Resistencia promedio de grupos.

σ_1, σ_2 : Desviación estandar de grupos.

n1,n2: Cantidad especimenes de grupos.

Prueba Z:Zo	-12.151
-------------	---------

5.- Regla de decisión :

Del anexo 04 Distribución Normal, se tiene para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.

Rechazar Ho si: $Z_o < -1.645$

6.- Interpretación :

Se rechaza: Ho

Puesto que $Z_o = -12.151$ es menor < -1.645 , **se rechaza** $H_o: u_1 \geq u_2$ y **se acepta** $H_a: u_1 < u_2$; con un nivel de significancia de 0.05, y se concluye que: La resistencia a la compresión (7 días) desarrollada con Agua Caliente a 40°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.

ANEXO D-5: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Prueba de Hipótesis: Resistencia a la Compresión del Concreto Normal
a los 14 días, a temperaturas inferiores a 5°C

Concreto Normal (1) :

CN

Muestra comparada (2) :

Agua Caliente a 40°C

1.- Parámetros de interés :

Aditivo Anticongelante	CN	40°C
Numero de muestras: N	4	4
Media: u	141.60	159.88
Varianza: σ^2	0.60	3.75

2.- Hipótesis :

u1: f'c promedio del grupo 1.

u2: f'c promedio del grupo 2.

a.- Hipótesis nula :

Ho:

$u1 \geq u2$

 se rechaza la hipótesis nula, si $Z_o < -Z$; si la resistencia a la compresión (14 días) desarrollada por el Concreto con Agua Caliente a 40°C, **es menor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

a.- Hipótesis alternativa :

Ha:

$u1 < u2$

 si la resistencia a la compresión (14 días) desarrollada por el concreto con Agua Caliente a 40°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

3.- Nivel de significancia :

$\alpha=0.05$	$z= 1.645$
---------------	------------

4.- Estadístico de prueba :

El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:

Z_o : Estadístico de prueba.

u_1, u_2 : Resistencia promedio de grupos.

σ_1, σ_2 : Desviación estandar de grupos.

n_1, n_2 : Cantidad especimenes de grupos.

Prueba Z: Z_o	-17.529
-----------------	---------

5.- Regla de decisión :

Del anexo 04 Distribución Normal, se tiene para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.

Rechazar Ho si: $Z_o < -1.645$

6.- Interpretación :

Se rechaza: Ho

Puesto que $Z_o = -17.529$ es menor < -1.645 , **se rechaza** $H_o: u_1 \geq u_2$ y **se acepta** $H_a: u_1 < u_2$; con un nivel de significancia de 0.05, y se concluye que: La resistencia a la compresion (14 dias) desarrollada con Agua Caliente a 40°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.

ANEXO D-6: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Prueba de Hipótesis: Resistencia a la Compresión del Concreto Normal
a los 28 días, a temperaturas inferiores a 5°C

Concreto Normal (1) :

CN

Muestra comparada (2) :

Agua Caliente a 40°C

1.- Parámetros de interés :

Aditivo Anticongelante	CN	40°C
Numero de muestras: N	7	7
Media: u	144.16	162.89
Varianza: σ^2	2.29	0.49

2.- Hipótesis :

u1: f'c promedio del grupo 1.
u2: f'c promedio del grupo 2.

a.- Hipótesis nula :

Ho: $u1 \geq u2$ se rechaza la hipótesis nula, si $Zo < -Z$; si la resistencia a la compresión (28 días) desarrollada por el Concreto con Agua Caliente a 40°C, **es menor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

a.- Hipótesis alternativa :

Ha: $u1 < u2$ si la resistencia a la compresión (28 días) desarrollada por el concreto con Agua Caliente a 40°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

3.- Nivel de significancia :

$\alpha=0.05$ $z= 1.645$

4.- Estadístico de prueba :

El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u1 - u2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:

Zo: Estadístico de prueba.

u1, u2: Resistencia promedio de grupos.

σ_1, σ_2 : Desviación estandar de grupos.

n1, n2: Cantidad especimenes de grupos.

Prueba Z:Zo	-29.717
-------------	---------

5.- Regla de decisión :

Del anexo 04 Distribución Normal, se tiene para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.

Rechazar Ho si: $Zo < -1.645$

6.- Interpretación :

Se rechaza: Ho

Puesto que $Zo = -29.717$ es menor < -1.645 , **se rechaza** $Ho: u1 \geq u2$ y **se acepta** $Ha: u1 < u2$; con un nivel de significancia de 0.05, y se concluye que: La resistencia a la compresion (28 días) desarrollada con Agua Caliente a 40°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.

ANEXO D-7: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Prueba de Hipótesis: Resistencia a la Compresión del Concreto Normal
a los 7 días, a temperaturas inferiores a 5°C

Concreto Normal (1) :

CN

Muestra comparada (2) :

Agua Caliente a 65°C

1.- Parámetros de interés :

Aditivo Anticongelante	CN	65°C
Numero de muestras: N	4	4
Media: u	135.98	217.10
Varianza: σ^2	10.42	9.60

2.- Hipótesis : **u1:** f'c promedio del grupo 1.
u2: f'c promedio del grupo 2.

a.- Hipótesis nula : **Ho:**

$u1 \geq u2$

 se rechaza la hipótesis nula, si $Z_o < -Z$; si la resistencia a la compresión (7 días) desarrollada por el Concreto con Agua Caliente a 65°C, **es menor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

a.- Hipótesis alternativa : **Ha:**

$u1 < u2$

 si la resistencia a la compresión (7 días) desarrollada por el concreto con Agua Caliente a 65°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

3.- Nivel de significancia :

$\alpha=0.05$	$z= 1.645$
---------------	------------

4.- Estadístico de prueba : El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u1 - u2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:

Zo: Estadístico de prueba.

u1,u2: Resistencia promedio de grupos.

σ_1, σ_2 : Desviación estandar de grupos.

n1,n2: Cantidad especimenes de grupos.

Prueba Z:Zo	-36.263
-------------	---------

5.- Regla de decisión : Del anexo 04 Distribución Normal, se tiene para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.

Rechazar Ho si: $Z_o < -1.645$

6.- Interpretación :

Se rechaza: Ho

Puesto que $Z_o = -36.263$ es menor < -1.645 , **se rechaza** Ho: $u1 \geq u2$ y **se acepta** Ha: $u1 < u2$; con un nivel de significancia de 0.05, y se concluye que: La resistencia a la compresion (7 días) desarrollada con Agua Caliente a 65°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.



ANEXO D-8: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Prueba de Hipótesis: Resistencia a la Compresión del Concreto Normal
a los 14 días, a temperaturas inferiores a 5°C

Concreto Normal (1) :

CN

Muestra comparada (2) :

Agua Caliente a 65°C

1.- Parámetros de interés :

Aditivo Anticongelante	CN	65°C
Numero de muestras: N	4	4
Media: u	141.60	239.47
Varianza: σ^2	0.60	17.07

2.- Hipótesis :

u1: f'c promedio del grupo 1.

u2: f'c promedio del grupo 2.

a.- Hipótesis nula :

Ho:

$u1 \geq u2$

 se rechaza la hipótesis nula, si $Zo < -Z$; si la resistencia a la compresión (14 días) desarrollada por el Concreto con Agua Caliente a 65°C, **es menor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

a.- Hipótesis alternativa :

Ha:

$u1 < u2$

 si la resistencia a la compresión (14 días) desarrollada por el concreto con Agua Caliente a 65°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

3.- Nivel de significancia :

$\alpha=0.05$	$z=1.645$
---------------	-----------

4.- Estadístico de prueba :

El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:

Zo: Estadístico de prueba.

u1, u2: Resistencia promedio de grupos.

σ_1, σ_2 : Desviación estandar de grupos.

n1, n2: Cantidad especimenes de grupos.

Prueba Z:Zo	-46.570
-------------	---------

5.- Regla de decisión :

Del anexo 04 Distribución Normal, se tiene para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.

Rechazar Ho si: $Zo < -1.645$

6.- Interpretación :

Se rechaza: Ho

Puesto que $Zo = -46.570$ es menor < -1.645 , **se rechaza** Ho: $u1 \geq u2$ y **se acepta** Ha: $u1 < u2$; con un nivel de significancia de 0.05, y se concluye que: La resistencia a la compresion (14 días) desarrollada con Agua Caliente a 65°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.

ANEXO D-9: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Prueba de Hipótesis: Resistencia a la Compresión del Concreto Normal
a los 28 días, a temperaturas inferiores a 5°C

Concreto Normal (1) :

CN

Muestra comparada (2) :

Agua Caliente a 65°C

1.- Parámetros de interés :

Aditivo Anticongelante	CN	65°C
Numero de muestras: N	7	7
Media: u	144.16	252.83
Varianza: σ^2	2.29	1.25

2.- Hipótesis : **u1:** f'c promedio del grupo 1.
u2: f'c promedio del grupo 2.

a.- Hipótesis nula : **Ho:**

$u1 \geq u2$

 se rechaza la hipótesis nula, si $Z_o < -Z$; si la resistencia a la compresión (28 días) desarrollada por el Concreto con Agua Caliente a 65°C, **es menor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

a.- Hipótesis alternativa : **Ha:**

$u1 < u2$

 si la resistencia a la compresión (28 días) desarrollada por el concreto con Agua Caliente a 65°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

3.- Nivel de significancia :

$\alpha=0.05$ $z= 1.645$

4.- Estadístico de prueba : El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u1 - u2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:
 Z_o : Estadístico de prueba.
 $u1, u2$: Resistencia promedio de grupos.
 σ_1, σ_2 : Desviación estandar de grupos.
 $n1, n2$: Cantidad especimenes de grupos.

Prueba Z: Z_o	-152.710
-----------------	----------

5.- Regla de decisión : Del anexo 04 Distribución Normal, se tiene para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.
Rechazar Ho si: $Z_o < -1.645$

6.- Interpretación :

Se rechaza: Ho

Puesto que $Z_o = -152.710$ es menor < -1.645 , **se rechaza** $H_o: u1 \geq u2$ y **se acepta** $H_a: u1 < u2$; con un nivel de significancia de 0.05, y se concluye que: La resistencia a la compresión (28 días) desarrollada con Agua Caliente a 65°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.

ANEXO D-10: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Prueba de Hipótesis: Resistencia a la Compresión del Concreto Normal
a los 7 días, a temperaturas inferiores a 5°C

Concreto Normal (1) :

CN

Muestra comparada (2) :

Agua Caliente a 90°C

1.- Parámetros de interés :

Aditivo Anticongelante	CN	90°C
Numero de muestras: N	4	4
Media: u	135.98	224.85
Varianza: σ^2	10.42	0.27

2.- Hipótesis :

u1: f'c promedio del grupo 1.
u2: f'c promedio del grupo 2.

a.- Hipótesis nula :

Ho:

$u1 \geq u2$

 se rechaza la hipótesis nula, si $Zo < -Z$; si la resistencia a la compresión (7 días) desarrollada por el Concreto con Agua Caliente a 90°C, **es menor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

a.- Hipótesis alternativa :

Ha:

$u1 < u2$

 si la resistencia a la compresión (7 días) desarrollada por el concreto con Agua Caliente a 90°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

3.- Nivel de significancia :

$\alpha=0.05$	$z= 1.645$
---------------	------------

4.- Estadístico de prueba :

El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:

Zo: Estadístico de prueba.

u1, u2: Resistencia promedio de grupos.

σ_1, σ_2 : Desviación estandar de grupos.

n1, n2: Cantidad especimenes de grupos.

Prueba Z:Zo	-54.379
-------------	---------

5.- Regla de decisión :

Del anexo 04 Distribución Normal, se tiene para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.

Rechazar Ho si: $Zo < -1.645$

6.- Interpretación :

Se rechaza: Ho

Puesto que $Zo = -54.379$ es menor < -1.645 , **se rechaza** $Ho: u1 \geq u2$ y **se acepta** $Ha: u1 < u2$; con un nivel de significancia de 0.05, y se concluye que: La resistencia a la compresion (7 dias) desarrollada con Agua Caliente a 90°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.

ANEXO D-11: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Prueba de Hipótesis: Resistencia a la Compresión del Concreto Normal
a los 14 días, a temperaturas inferiores a 5°C

Concreto Normal (1) :

CN

Muestra comparada (2) :

Agua Caliente a 90°C

1.- Parámetros de interés :

Aditivo Anticongelante	CN	90°C
Numero de muestras: N	4	4
Media: u	141.60	248.61
Varianza: σ^2	0.60	1.07

2.- Hipótesis :

u1: f'c promedio del grupo 1.
u2: f'c promedio del grupo 2.

a.- Hipótesis nula :

Ho: $u1 \geq u2$ se rechaza la hipótesis nula, si $Zo < -Z$; si la resistencia a la compresión (14 días) desarrollada por el Concreto con Agua Caliente a 90°C, **es menor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

a.- Hipótesis alternativa :

Ha: $u1 < u2$ si la resistencia a la compresión (14 días) desarrollada por el concreto con Agua Caliente a 90°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

3.- Nivel de significancia :

$\alpha=0.05$ $z= 1.645$

4.- Estadístico de prueba :

El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u1 - u2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:

Z_o : Estadístico de prueba.

$u1, u2$: Resistencia promedio de grupos.

σ_1, σ_2 : Desviación estandar de grupos.

$n1, n2$: Cantidad especimenes de grupos.

Prueba Z: Z_o	-165.779
-----------------	----------

5.- Regla de decisión :

Del anexo 04 Distribución Normal, se tiene para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.

Rechazar Ho si: $Z_o < -1.645$

6.- Interpretación :

Se rechaza: Ho

Puesto que $Z_o = -165.779$ es menor < -1.645 , **se rechaza** $H_o: u1 \geq u2$ y **se acepta** $H_a: u1 < u2$; con un nivel de significancia de 0.05, y se concluye que: La resistencia a la compresion (14 dias) desarrollada con Agua Caliente a 90°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.

ANEXO D-12: PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Prueba de Hipótesis: Resistencia a la Compresión del Concreto Normal
a los 28 días, a temperaturas inferiores a 5°C

Concreto Normal (1) :

CN

Muestra comparada (2) :

Agua Caliente a 90°C

1.- Parámetros de interés :

Aditivo Anticongelante	CN	90°C
Numero de muestras: N	7	7
Media: u	144.16	252.73
Varianza: σ^2	2.29	1.59

2.- Hipótesis :

u1: f'c promedio del grupo 1.
u2: f'c promedio del grupo 2.

a.- Hipótesis nula :

Ho: $u1 \geq u2$ se rechaza la hipótesis nula, si $Zo < -Z$; si la resistencia a la compresión (28 días) desarrollada por el Concreto con Agua Caliente a 90°C, **es menor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

a.- Hipótesis alternativa :

Ha: $u1 < u2$ si la resistencia a la compresión (28 días) desarrollada por el concreto con Agua Caliente a 90°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada por el Concreto Normal.

3.- Nivel de significancia :

$\alpha=0.05$ $z= 1.645$

4.- Estadístico de prueba :

El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u1 - u2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:

Zo: Estadístico de prueba.

u1, u2: Resistencia promedio de grupos.

σ_1, σ_2 : Desviación estandar de grupos.

n1, n2: Cantidad especimenes de grupos.

Prueba Z:Zo	-145.866
-------------	----------

5.- Regla de decisión :

Del anexo 04 Distribución Normal, se tiene para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.

Rechazar Ho si: $Zo < -1.645$

6.- Interpretación :

Se rechaza: Ho

Puesto que $Zo = -145.866$ es menor < -1.645 , **se rechaza** $Ho: u1 \geq u2$ y **se acepta** $Ha: u1 < u2$; con un nivel de significancia de 0.05, y se concluye que: La resistencia a la compresion (28 dias) desarrollada con Agua Caliente a 90°C, **es mayor** que la resistencia desarrollada con el Concreto Normal.