



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



**INFLUENCIA DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DEL
CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO TIPO IP – MARCA
FRONTERA SOBRE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, SEGÚN
LA HUMEDAD DEL AMBIENTE EN EL DISTRITO DE SAN
GABAN Y LA CIUDAD DE PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

BESSIE NARVAEZ CARREON

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFLUENCIA DEL TIEMPO DE ALMACEN
AMIENTO DEL CEMENTO PORTLAND PU
ZOLÁNICO TIPO IP - MARCA FRONTERA
SOB**

AUTOR

BESSIE NARVAEZ CARREON

RECuento de palabras

20771 Words

RECuento de caracteres

110318 Characters

RECuento de páginas

104 Pages

Tamaño del archivo

2.1MB

Fecha de entrega

Jan 17, 2024 2:46 PM GMT-5

Fecha del informe

Jan 17, 2024 2:48 PM GMT-5

● 11% de similitud general

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

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Universidad
Nacional
del Altiplano



Firmado digitalmente por MELLADO
VARGAS Zenon FAU 20145496170
soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 17.01.2024 15:32:51 -05:00



Firmado digitalmente por CASTILLO
ARONI Emilio FAU 20145496170
hard
Motivo: Day V=B
Fecha: 17.01.2024 22:56:51 -05:00

Resumen



DEDICATORIA

A mi madre, Flora Carreón Soncco, una mujer de una fortaleza inquebrantable, la columna vertebral que sustenta a mi familia. Agradezco su respaldo constante y su infinita paciencia a lo largo de mi desarrollo académico y profesional. No tengo palabras suficientes para expresar mi gratitud y reconocimiento por todo lo que me ha brindado.

Bessie Naravez Carreon



AGRADECIMIENTO

A Dios. Él es mi todo y sin Él nada es posible. Gracias por siempre guiar mi camino, enseñarme, cuidarme y acompañarme durante toda mi vida.

A mi padre Bernardino, mi ejemplo de honestidad y trabajo, Quiero darle las gracias por haberme dado la familia, la educación y brindarme su apoyo incondicional.

A mi hermano Elis Ronaldo. No importa el tiempo, la distancia o las circunstancias, siempre estaré ahí para apoyarte. Gracias hermanito por todo, la vida sería triste si no estas

A agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano, mi alma mater. Quiero expresar mi especial reconocimiento al Ing. Zenón Mellado Vargas, mi director de tesis, y a mis evaluadores, Ing. Nicolas Luza Flores, M.Sc. Mariano Roberto García Loayza e Ing. Gleny Zoila De La Riva Tapia, por su tiempo y valiosos consejos

Bessie Naravez Carreon



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2.1. Problema General.....	18
1.2.2. Problemas Específicos	18
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.3.1. Hipótesis general.....	18
1.3.2. Hipótesis específicas	19
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	19
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.5.1. Objetivo general.....	20
1.5.2. Objetivos específicos	20



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO	22
2.1.1. Cemento portland	22
2.1.1.1. Cemento portland puzolánico	23
2.1.1.2. Puzolana	23
2.1.1.3. Cemento portland puzolánico tipo IP.....	24
2.1.2. Finura o superficie específica del cemento	24
2.1.3. Tiempo de almacenamiento	25
2.1.3.1. Condición de almacenamiento	25
2.1.3.2. Prehidratación del cemento	26
2.1.4. Concreto fresco	26
2.1.4.1. Trabajabilidad del concreto.....	26
2.1.5. Concreto endurecido	27
2.1.5.1. Resistencia a la compresión del concreto ($f'c$)	27
2.1.6. Humedad atmosférica.....	27
2.1.6.1. Humedad relativa del ambiente.....	28
2.2. MARCO CONCEPTUAL	29
2.2.1. Antecedentes	29
2.2.1.1. Internacionales	29
2.2.1.2. Nacionales.....	31
2.2.1.3. Regionales.....	36

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	41
--	-----------



3.1.1.	Ubicación geográfica de la ciudad de Puno	41
3.1.2.	Ubicación geográfica del distrito de San Gaban	41
3.2.	PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	42
3.3.	PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO	42
3.3.1.	Cemento	42
3.3.2.	Agregados	42
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO	43
3.4.1.	Población.....	43
3.4.2.	Muestra.....	43
3.5.	DISEÑO ESTADÍSTICO	44
3.5.1.	Análisis paramétricos	45
3.5.2.	Análisis no paramétricos	45
3.6.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	46
3.6.1.	Registro de la humedad relativa del ambiente	46
3.6.2.	Almacenamiento del cemento	47
3.6.3.	Análisis de finura del cemento	47
3.6.4.	Extracción y preparación de los agregados	49
3.6.5.	Ensayos de caracterización del agregado	50
3.6.5.1.	Análisis granulométrico del A.G.	50
3.6.5.2.	Análisis granulométrico del A.F.	53
3.6.5.3.	Peso Unitario del A.G. y A.F.	55
3.6.5.4.	Peso específico y absorción del A.G.	58
3.6.5.5.	Peso específico y absorción del A.F.	60
3.6.5.6.	Contenido de humedad de los agregados	61
3.6.5.7.	Resistencia al desgaste en la máquina de Los Ángeles.....	63



3.6.6.	Diseño de mezclas método ACI.....	64
3.6.7.	Elaboración de probetas de concreto.....	67
3.6.7.1.	Asentamiento del concreto con el cono de Abrams.....	68
3.6.7.2.	Curado de las probetas de concreto.....	69
3.6.8.	Ensayo de resistencia a la compresión	69
3.7.	VARIABLES	70
3.7.1.	Variable independiente.....	70
3.7.2.	Variable dependiente.....	70
3.7.3.	Variable interviniente.....	71

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	RESULTADOS.....	72
4.1.1.	Humedad Relativa del Ambiente	72
4.1.2.	Finura del Cemento	73
4.1.3.	Asentamiento del concreto fresco	76
4.1.4.	Resistencia a la compresión del concreto.....	78
4.2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	82
4.2.1.	Análisis de la finura del cemento en función de la humedad relativa del ambiente.....	82
4.2.2.	Análisis del asentamiento del concreto fresco en función del porcentaje de finura del cemento.....	84
4.2.3.	Análisis de la resistencia a la compresión del concreto en función del porcentaje de finura del cemento.....	86
4.3.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESTADÍSTICA	88
4.3.1.	Prueba de normalidad - asentamiento del concreto fresco.....	88



4.3.2. Correlación de Pearson - asentamiento del concreto fresco.....	89
4.3.3. Prueba de normalidad - resistencia a la compresión del concreto.....	90
4.3.4. Correlación de Pearson - resistencia a la compresión del concreto	91
4.4. DISCUSIÓN	92
V. CONCLUSIONES	96
5.1. CONCLUSIÓN GENERAL	96
5.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	96
VI. RECOMENDACIONES	98
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS.....	102

ÁREA: Construcciones

TEMA: La tecnología de los materiales en la construcción

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Construcciones y gerencia

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 24 de enero de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Población de estudio	43
Tabla 2 Porcentaje de finura del cemento almacenado – San Gaban	48
Tabla 3 Porcentaje de finura del cemento almacenado - Puno	49
Tabla 4 Peso de la muestra para caracterización del agregado	50
Tabla 5 Requisitos granulométricos del A.G. – huso 56	51
Tabla 6 Requisitos de la granulometría del A.F.....	53
Tabla 7 Capacidad del recipiente	55
Tabla 8 Peso unitario del A.G.....	57
Tabla 9 Peso unitario del A.F.....	57
Tabla 10 Peso mínimo del A.G para peso específico y adsorción.....	58
Tabla 11 Peso específico y porcentaje de adsorción del A.G.	59
Tabla 12 Peso específico y porcentaje de adsorción del A.F.....	61
Tabla 13 Peso mínimo del agregado, para hallar %w.....	62
Tabla 14 Porcentaje de pérdida del agregado	63
Tabla 15 Resistencia promedio requerida	64
Tabla 16 Contenido de aire para el diseño	64
Tabla 17 Cantidad de agua aproximada.....	65
Tabla 18 Relación a/c vs f'c.....	65
Tabla 19 Volumen de A.G.	66
Tabla 20 Proporción del diseño de mezcla	67
Tabla 21 Porcentaje de humedad relativa - San Gaban	72
Tabla 22 Porcentaje de humedad relativa - Puno.....	73



Tabla 23	Porcentaje de finura del cemento almacenado - San Gaban	74
Tabla 24	Porcentaje de finura del cemento almacenado – Puno.....	74
Tabla 25	Asentamiento del concreto fresco – San Gaban	76
Tabla 26	Asentamiento del concreto fresco – Puno.....	77
Tabla 27	Capacidad de resistir a la compresión del concreto – San Gaban.....	79
Tabla 28	Capacidad de resistir a la compresión del concreto – Puno.....	79
Tabla 29	Perdida de la finura del cemento- San Gaban.....	83
Tabla 30	Perdida de la finura del cemento- ciudad de Puno.....	83
Tabla 31	Perdida en porcentaje de la trabajabilidad del concreto – San Gaban	85
Tabla 32	Perdida en porcentaje de la trabajabilidad del concreto – Puno	85
Tabla 33	Perdida en porcentaje de la $f'c$ del concreto – San Gaban.....	87
Tabla 34	Perdida en porcentaje de la $f'c$ del concreto – Puno	87
Tabla 35	Valores del coeficiente Pearson	88
Tabla 36	Normalidad para el asentamiento del concreto fresco	89
Tabla 37	Correlación de Pearson	89
Tabla 38	Normalidad para la $f'c$ del concreto.....	90
Tabla 39	Correlación de Pearson	91



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Humedad en la troposfera	28
Figura 2 Humedad relativa.	29
Figura 3 Diseño estadístico del estudio	45
Figura 4 Procedimiento experimental de la investigación.....	46
Figura 5 Horas del día para registrar la humedad relativa.....	47
Figura 6 Curva granulometría del A.G.	52
Figura 7 Curva granulométrica del A.F.	54
Figura 8 Croquis referenciales de asentamiento del concreto fresco	69
Figura 9 Comparación del porcentaje de finura – San Gaban	75
Figura 10 Comparación del porcentaje de finura – Puno	75
Figura 11 Asentamiento del concreto fresco – San Gaban.....	77
Figura 12 Asentamiento del concreto fresco – Puno	78
Figura 13 Capacidad de resistir a la compresión del concreto a los 7 días – San Gaban	80
Figura 14 Capacidad de resistir a la compresión del concreto a los 28 días – San Gaban	80
Figura 15 Capacidad de resistir a la compresión del concreto a los 7 días – Puno	81
Figura 16 Capacidad de resistir a la compresión del concreto a los 28 días – Puno	81



ACRÓNIMOS

ACI:	American Concrete Institute
ASTM:	American Society for Testing and Materials
NPT:	Norma Técnica Peruana
PSP:	Puno sin Protección
PCP:	Puno con Protección
SSP:	San Gaban sin Protección
SCP:	San Gaban con Protección



RESUMEN

La presente investigación demuestra la influencia del tiempo de almacenamiento del cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA sobre la resistencia del concreto, según la humedad del ambiente en el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno. La interrogante se centró en entender, ¿Cómo influye el tiempo de almacenamiento del cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA sobre la resistencia del concreto, según la humedad del ambiente en el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno? Para analizar esta influencia, se evaluó el porcentaje de finura del cemento almacenado durante intervalos de 30, 60, 90 y 120 días. Posteriormente, se examinaron la trabajabilidad y la $f'c$ del concreto en relación con el porcentaje de finura del cemento almacenado. La metodología empleada fue cuantitativa, de diseño experimental y con un enfoque transversal. A los 120 días, los resultados mostraron que, para los cementos sin protección de polietileno en San Gaban, el porcentaje de finura del cemento disminuyó en un 100%, la trabajabilidad en un 100%, y la $f'c$ en un 63.19%. En Puno, el porcentaje de finura del cemento disminuyó en un 29.64%, la trabajabilidad en un 30.21%, y la $f'c$ en un 26.31%, en contraste con la muestra patrón que tenía una $f'c = 227.65 \text{ kg/cm}^2$, asentamiento de $S=3.78''$, y relación agua-cemento $a/c=0.62$. En conclusión, se observa que la disminución más significativa en la resistencia a la compresión del concreto se evidenció en aquellos concretos elaborados con cementos almacenados sin protección de polietileno, especialmente cuando estuvieron expuestos a un mayor porcentaje de humedad relativa del ambiente durante el periodo de 120 días.

Palabras Clave: Asentamiento del concreto, Finura del cemento, Humedad relativa, Resistencia del concreto, Tiempo de almacenamiento.



ABSTRACT

The present research demonstrates the influence of the storage time of Portland pozzolanic cement type IP – brand FRONTERA on the concrete strength, considering the ambient humidity in the San Gaban district and the city of Puno. The research question aimed to understand how the storage time of Portland pozzolanic cement type IP – brand FRONTERA influences the concrete strength, based on the ambient humidity in the San Gaban district and the city of Puno. To analyze this influence, the percentage of fineness of stored cement was evaluated over intervals of 30, 60, 90, and 120 days. Subsequently, the workability and compressive strength of the concrete were examined in relation to the percentage of fineness of stored cement. The methodology employed was quantitative, experimental in design, and with a cross-sectional approach. At 120 days, the results indicated that, for cement without polyethylene protection in San Gaban, the percentage of cement fineness decreased by 100%, workability by 100%, and compressive strength by 63.19%. In Puno, the percentage of cement fineness decreased by 29.64%, workability by 30.21%, and compressive strength by 26.31%, compared to the standard sample with a compressive strength of $f'c = 227.65 \text{ kg/cm}^2$, a settlement of $S = 3.78''$, and a water-cement ratio of $a/c = 0.62$. In conclusion, the most significant decrease in concrete compressive strength was observed in those made with cement stored without polyethylene protection, especially when exposed to a higher percentage of ambient relative humidity over the 120-day period.

Keywords: Concrete settlement, Cement fineness, Relative humidity, Concrete strength, Storage time.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El CAPÍTULO I expone los fundamentos que motivan la realización de esta investigación, abordando la formulación de problemas, hipótesis, justificación y objetivos del estudio.

El CAPÍTULO II abarca los conocimientos teóricos relacionados con la investigación, así como la revisión de antecedentes a nivel internacional, nacional y regional. Estos antecedentes sirvieron como base para la ejecución del presente trabajo de investigación.

En el CAPÍTULO III Se describe la localización geográfica del proyecto de investigación, los materiales e instrumentos utilizados, el proceso, y las variables examinadas. También se especifica la población y muestra de estudio, junto con las técnicas y herramientas empleadas para la recolección de datos.

El CAPÍTULO IV muestra tablas y gráficos que ilustran los resultados obtenidos a partir de los experimentos de laboratorio. Además, se incorpora la verificación de la hipótesis estadística y se analizan detalladamente los resultados.

En el CAPÍTULO V se exponen la conclusión general y específica del proyecto en relación con los objetivos planteados.

El CAPÍTULO VI ofrece sugerencias basadas en las conclusiones obtenidas durante el desarrollo del proyecto.

En el CAPÍTULO VII se proporciona una enumeración de las fuentes bibliográficas empleadas en el actual estudio de investigación.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel regional, el cemento portland puzolánico tipo IP - marca FRONTERA, se emplea ampliamente en la construcción de obras civiles en la región. Sin embargo, en el departamento de Puno, el cemento destinado para su uso en proyectos de construcción suele ser almacenado por períodos prolongados y en condiciones desfavorables, resultando en desperdicios de cemento debido a su deterioro.

Dado que el cemento es un componente crucial que determina la resistencia del concreto, resulta vital considerar el tiempo y las condiciones de almacenamiento. Investigaciones a nivel global, nacional y regional han llegado a la conclusión de que el cemento es altamente higroscópico, y su almacenamiento prolongado afecta la resistencia a la compresión del concreto. (Pasquel, 1998)

La disminución en la finura del cemento almacenado se atribuye a la humedad relativa que penetra por medio del envase de papel. En la ciudad de Puno, la humedad relativa promedio anual es del 54%, mientras que en el distrito de San Gaban alcanza el 89%. Los efectos adversos de esta disminución de finura incluyen una reducción en la $f'c$ del concreto y una menor trabajabilidad del concreto fresco. Utilizar cementos deteriorados con presencia de grumos en estructuras u obras civiles conlleva a una calidad deficiente de las mismas (Huamaní, 2018).

El aporte fundamental de esta investigación radica en estimar el tiempo adecuado y la forma más apropiada de almacenar el cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA en San Gaban y la localidad de Puno.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿Cómo influye el tiempo de almacenamiento del cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA sobre la resistencia del concreto, según la humedad del ambiente en el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Dónde se registra mayor porcentaje de humedad relativa del ambiente en el distrito de San Gaban o la ciudad de Puno, durante el tiempo de almacenamiento del cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA?
- ¿Cómo influye el porcentaje de humedad relativa del ambiente en el porcentaje de finura del cemento almacenado?
- ¿Cómo influye el porcentaje de finura del cemento almacenado sobre la trabajabilidad del concreto?
- ¿Cómo influye el porcentaje de finura del cemento almacenado sobre la resistencia a la compresión del concreto?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

El tiempo de almacenamiento del cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA influye sobre la disminución de la resistencia del concreto, según la humedad del ambiente en el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno.



1.3.2. Hipótesis específicas

- La humedad relativa del ambiente del distrito de San Gaban es mayor a comparación de la humedad relativa del ambiente de la ciudad Puno.
- El porcentaje de finura del cemento almacenado disminuye a mayor porcentaje de humedad relativa del ambiente y a la forma de almacenamiento, sin protección y con protección de polietileno.
- La trabajabilidad del concreto fresco disminuye a menor porcentaje de finura del cemento almacenado.
- La resistencia a la compresión del concreto disminuye a menor porcentaje de finura del cemento almacenado.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

En el departamento de Puno se distinguen dos zonas geográficas: la sierra altiplánica, donde se encuentra la ciudad de Puno, y la selva, donde está ubicado el distrito de San Gaban. Estas áreas presentan diferentes niveles de humedad relativa, lo que incide de manera diversa en el proceso de hidratación del cemento.

El almacenamiento prolongado de cemento en estas dos regiones ocasiona la formación de grumos y su endurecimiento, planteando así la siguiente interrogante: ¿Cómo influye el tiempo de almacenamiento del cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA sobre la resistencia del concreto, según la humedad del ambiente en el distrito de San Gaban y la localidad de Puno?

El propósito es evidenciar la influencia del tiempo de almacenamiento del cemento en aspectos como el porcentaje de finura, el asentamiento del concreto fresco y la $f'c$ del concreto.



Adicionalmente, se busca comprender el comportamiento del cemento almacenado durante un periodo de 120 días en dos condiciones de almacenamiento: con protección y sin protección adicional de polietileno, en ambas regiones del departamento de Puno.

Los resultados obtenidos permitirán determinar el tiempo de almacenamiento más adecuado para utilizar el cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA en San Gaban y Puno. Además, estos hallazgos serán útiles para prevenir posibles perjuicios económicos en los recursos públicos o privados destinados a la adquisición de cemento.

Asimismo, servirán como referencia para el personal técnico del sector de la construcción, entidades públicas, empresas privadas y la población en general de la región de Puno, orientándolos en el almacenamiento y uso apropiado del cemento.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Demostrar la influencia del tiempo de almacenamiento del cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA sobre la resistencia del concreto, según la humedad del ambiente en el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno.

1.5.2. Objetivos específicos

- Registrar el porcentaje de humedad relativa del ambiente durante el periodo de almacenamiento del cemento, en el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno.
- Analizar la finura de los cementos almacenados con y sin protección adicional de polietileno en periodos de 30, 60, 90 y 120 días, según la humedad relativa del ambiente en el distrito de San Gaban y la Ciudad de Puno.



- Determinar si el asentamiento del concreto fresco tiene relación con la finura del cemento almacenado
- Determinar si la resistencia a la compresión del concreto tiene relación con la finura del cemento almacenado.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Cemento portland

Es un aglomerante con afinidad por el agua, obtenido mediante el proceso de calcinación a 1300 °C de rocas calizas, arenisca y arcillas. Durante la calcinación, se forman esferas llamadas Clinker, las cuales son trituradas y combinadas con yeso. Este proceso resulta en la obtención de un polvo finamente molido de tonalidad verdosa que, al mezclarse con agua, genera una masa plástica. Con el tiempo, esta masa experimenta un proceso de endurecimiento, adquiriendo resistencia y durabilidad. (Pasquel, 1998)

Conforme a las investigaciones de Pasquel (1998), la composición química del cemento Portland, después de los procesos de calcinación y molienda, se compone de:

- a. Silicato tricálcico, que influye en la resistencia inicial y en la liberación de calor durante la hidratación.
- b. Silicato dicálcico, que afecta la solides en un extenso plazo y, en pequeña medida, la generación de calor durante la hidratación.
- c. Aluminato tricálcico, que condiciona el fraguado y actúa como catalizador.
- d. Alumino-ferrito tetracálcico, influye en la velocidad de reacción y, en segundo plano, en la producción de calor durante el proceso de hidratación.



- e. Óxidos de magnesio, Cuya concentración por encima del 5% puede dar lugar a complicaciones de expansión en la pasta después de la hidratación y el endurecimiento.
- f. Óxidos de potasio y sodio, importantes cuando los agregados son de origen calcáreo y participan en la generación de eflorescencias.
- g. Óxidos de magnesio y titanio, el primero contribuye a proporcionar una tonalidad marrón, mientras que el segundo afecta la durabilidad del cemento.

2.1.1.1. Cemento portland puzolánico

Se logra mediante la molienda combinada de una mezcla que contiene clínker Portland y puzolana, añadiendo Sulfato de calcio. La proporción de puzolana en la mezcla debe oscilar entre el 15% y el 50% del peso total, según indica la investigación de Sánchez (2001).

2.1.1.2. Puzolana

De acuerdo con la investigación de Sánchez (2001), se trata de un material compuesto por componentes sílico-aluminosos, ya sean de origen natural o artificial, que poseen una capacidad hidráulica limitada por sí mismos. Sin embargo, en presencia de agua, ciertos elementos de su composición se combinan eficientemente con el hidróxido de calcio, generando compuestos que poseen características aglomerantes.

- a. Las puzolanas naturales, de origen mineral eruptivo, sedimentario, vegetal o animal, tienen inherente capacidad puzolánica.



- b. Las puzolanas artificiales, que incluyen rocas arcillosas, bauxitas o cenizas volantes, son sometidas a procesos térmicos de activación en un rango de temperatura entre 600°C y 900°C.
- c. Las puzolanas intermedias comprenden tanto puzolanas naturales como artificiales, las cuales son tratadas térmicamente para activar sus propiedades.

2.1.1.3. Cemento portland puzolánico tipo IP

Según Pasquel (1998), se trata de cementos Portland que incorporan puzolana y se clasifican como Tipo IP debido a su aplicación análoga al Tipo I en cementos Portland. Estos cementos presentan características como una finura superior, una resistencia inicial reducida, una mayor retención de agua, una mayor cohesividad, una menor generación de calor durante la hidratación y un mejor comportamiento ante la agresividad química.

2.1.2. Finura o superficie específica del cemento

Según Sánchez (2001), la finura del cemento se considera la propiedad física más crucial, ya que tiene un impacto directo en la velocidad de la hidratación y en el aumento de la resistencia con el tiempo. Si la finura es mayor, el cemento tiende a ser más higroscópico, generando un aumento en el calor de hidratación, lo que puede dar lugar a retracción y mayor susceptibilidad a fisuras. Además, la exudación disminuye, ya que el cemento retiene mejor el agua. En contraste, una finura más gruesa conlleva una hidratación más lenta y una mayor exudación debido a su limitada capacidad para retener agua. Las partículas relativamente



gruesas pueden tardar en hidratarse y, en ocasiones, no lo hacen, resultando en un rendimiento inferior del cemento.

La fineza del cemento se mide expresando el área superficial de las partículas en un gramo de material en cm^2/g . El control de la finura se realiza mediante métodos directos, como el tamizado, que es uno de los más antiguos. El ensayo de tamizado permite verificar la presencia de granos gruesos debido a la molienda o al tiempo de almacenamiento, aunque no proporciona una idea clara del tamaño real de las partículas del cemento. Los métodos indirectos, como el turbidímetro de Wagner, miden la distribución del tamaño de las partículas del cemento por sedimentación. Otro método indirecto es el método de Blaine, que implica hacer circular aire mediante una capa de cemento para medir su permeabilidad al aire y determinar la superficie específica de las partículas. Según Blaine, la superficie específica de los cementos Portland debe estar comprendida entre 3,400 y 4,500 cm^2/g .

2.1.3. Tiempo de almacenamiento

2.1.3.1. Condición de almacenamiento

De acuerdo con Pasquel (1998), se recomienda que el almacenamiento del cemento Portland se realice en lugares resguardados de la humedad, preferiblemente en entornos cerrados, y asegurándose de que las bolsas de cemento no entren en contacto directo con el suelo. Es crucial destacar que la formación de grumos no es atribuible al tiempo de almacenamiento en sí, sino a las condiciones de hidratación del cemento después de ese período.



Una práctica para evaluar si el cemento Portland ha experimentado hidratación consiste en tamizarlo a través de la malla N°100, siguiendo la norma ASTM C-184. Este procedimiento proporciona una estimación de la proporción humedecida, donde el porcentaje que se mantiene sin hidratación varía entre 0 y 0.5%. Se estima que la presencia de grumos no mayores de ¼" en aproximadamente un 30% de la bolsa de cemento puede resultar en una disminución de la $f'c$ del orden del 25%.

2.1.3.2. Prehidratación del cemento

La prehidratación del cemento está asociada con la hidratación parcial del aluminato tricálcico y su interacción con los sulfatos alcalinos y la arcanita presentes en el Clinker y el yeso. Esta reacción da lugar a productos principales que incluyen aluminato de calcio hidratado y cristales pequeños con forma acicular y prismática de etringita y singenita. Estos cristales se forman en la superficie de los granos del cemento, presentando una textura entrelazada que promueve la cohesión entre las partículas y da origen a la formación de grumos (Rincon, 2006).

2.1.4. Concreto fresco

2.1.4.1. Trabajabilidad del concreto

Constituye una de las características fundamentales del concreto fresco, refiriéndose a la facilidad o dificultad en su mezclado, transporte, colocación y compactación. La evaluación de la trabajabilidad se lleva a cabo mediante el método del Slump o asentamiento utilizando el cono de Abrams. No obstante, es importante tener en cuenta que este método mide



la uniformidad y no necesariamente la trabajabilidad del concreto. Cuando se controla la dosificación en peso y se ajusta por adsorción y humedad, un Slump mayor al diseñado indica que la distribución del material pétreo total se ha vuelto más gruesa. Como resultado, hay un aumento en el módulo de fineza y una disminución en la superficie específica. Por otro lado, si el Slump disminuye, indica un aumento de finos, una disminución en el módulo de fineza y un aumento en la superficie específica, lo que puede requerir más agua en la mezcla o dar la apariencia de estar seca. (Pasquel, 1998)

2.1.5. Concreto endurecido

2.1.5.1. Resistencia a la compresión del concreto ($f'c$)

Es una característica del concreto en estado endurecido y se refiere a su capacidad para resistir cargas y esfuerzos bajo compresión. Esta propiedad está mayormente determinada por la proporción de agua y cemento, siendo el tiempo de curado otro factor indirecto que afecta el proceso de hidratación, crucial para el completo desarrollo de las características de resistencia del concreto. (Pasquel, 1998)

2.1.6. Humedad atmosférica

La humedad atmosférica indica la cantidad de H₂O presente en la troposfera, como se ilustra en la Figura número 1. Esta cantidad constituye menos del 2% del volumen total contenido en la atmósfera. En la troposfera, el aire siempre contiene agua en diferentes proporciones y puede encontrarse en

cualquiera de sus tres estados: sólido, líquido y gaseoso (Andrades & Múñez, 2012).

Figura 1

Humedad en la troposfera



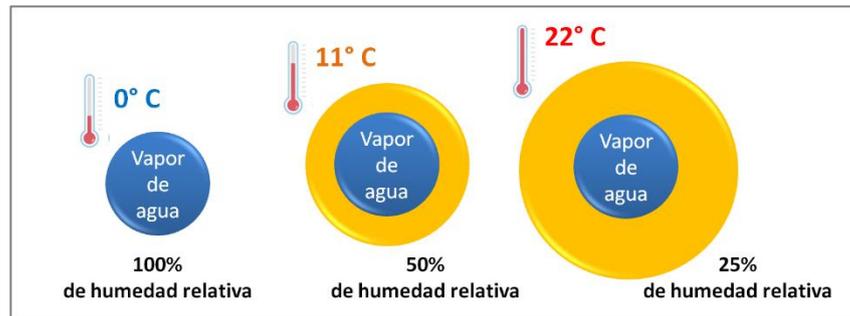
Nota: La figura muestra los fenómenos meteorológicos que se forman en la tierra. Tomado del SENAMHI.

2.1.6.1. Humedad relativa del ambiente

La humedad relativa se define como el resultado entre la cantidad de humedad presente en el aire y la cantidad máxima que este puede almacenar (%). Es crucial que esta medida esté asociada a una temperatura específica, como se muestra en la Figura 2, ya que cualquier descenso en la temperatura, incluso sin agregar vapor de agua, resultará en un incremento en la humedad relativa debido a la reducción de la capacidad de la atmósfera para retener vapor de agua. Del mismo modo, un aumento en la temperatura provocará una disminución en la humedad relativa al incrementar la capacidad de la atmósfera para retenerla (Andrades & Múñez, 2012).

Figura 2

Humedad relativa.



Nota: La figura muestra la humedad relativa para diferentes temperaturas. Extraído de Google.com

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Antecedentes

2.2.1.1. Internacionales

ICCG (2020), en el estudio se examinó el impacto de la humedad del aire en la hidratación del cemento. Para llevar a cabo esta investigación, se almacenó el cemento en tarimas expuestas, protegidas de la lluvia y del sol, pero con una circulación de aire no restringida. Se llevaron a cabo pruebas de f'c utilizando estos cementos, y los resultados indicaron una disminución en la resistencia del concreto. Además, se observó que la humedad del aire tiene un efecto en el cemento al provocar una pérdida de finura debido a la formación de grumos. Este fenómeno conlleva a un aumento en la cantidad de agua necesaria para lograr una fluidez aceptable, lo cual posiblemente contribuye a un efecto adicional a la pérdida de resistencia del cemento.

Núñez (2018), en su investigación titulada "Caracterización de los Productos de Hidratación de Cemento Comercial a Diferentes Edades", se



presentan diversas metodologías para caracterizar las fases mineralógicas de los productos resultantes de la hidratación de pastas de cementos comerciales en distintas etapas del proceso de hidratación. El propósito es establecer una metodología, utilizando XRD, SEM y TGA, Para describir las fases mineralógicas de los productos resultantes de la hidratación de pastas de cemento comercial en distintos momentos del proceso de hidratación. Los resultados de la investigación indican que detener la reacción de hidratación ofrece la mayor repetibilidad en la caracterización, según la técnica de difracción de rayos X. El análisis termogravimétrico permitió identificar la presencia y el comportamiento de la portlandita, el C-S-H, la etringita y la carbonatación experimentada por el cemento. La microscopía electrónica de barrido posibilitó la diferenciación morfológica entre las pastas de cemento en diversas etapas de hidratación, evidenciando el progreso de la reacción.

Ortiz, Aguado, Roncero & Zermeño (2009), en este artículo se detalla los procedimientos y resultados de un estudio experimental que explora la influencia de condiciones ambientales en las propiedades de trabajabilidad y microestructurales de morteros y pastas de cemento. Se sometieron las muestras a tres condiciones climáticas: referencial, verano e invierno, considerando temperatura ambiental y humedad relativa. Se evaluó cómo la temperatura afecta las propiedades físicas A.F. y su impacto en la trabajabilidad. Además, se analizó la influencia de la temperatura en las características de la pasta y microestructurales mediante (RMN) y SEM. Los hallazgos sugieren que la facilidad de trabajar con el mortero está relacionada con las propiedades de los agregados, las cuales



se ven afectadas por la temperatura. Los estudios de la microestructura revelan que las condiciones climáticas extremas inciden en el desarrollo microestructural de las pastas de cemento, especialmente en las etapas iniciales. Se presenta una metodología formulada para mejorar las proporciones de cemento en el concreto, con el objetivo de lograr eficiencia durante los periodos cálidos, lo que conlleva beneficios económicos y ambientales.

2.2.1.2. Nacionales.

Paco (2021), el cemento, esencial en construcción, carece de suficiente investigación sobre su vida útil, confiándose principalmente en los datos del fabricante. Por tanto, es crucial entender cómo influye su período de vida en la calidad del concreto. La investigación se centra en analizar el impacto del uso de cemento almacenado por largo tiempo en la calidad del concreto. Se realizaron pruebas de control en muestras experimentales, comparadas con resultados de muestras de control. La conclusión indica una disminución en la calidad, evidenciada por la $f'c$, inversamente proporcional al tiempo de almacenamiento del cemento.

Huarcaya (2019), en su investigación adopta una metodología descriptiva y cuantitativa, explorando el desarrollo constructivo en Lima, enfocándose en construcciones informales en áreas de bajos recursos. El estudio se centra en los cementos Pórtland Tipo I, seleccionando cuatro marcas comunes. Los ensayos incluyen la determinación del tiempo de fraguado y la $f'c$. Se concluye que la variación en estos cementos afecta negativamente el tiempo de fraguado, reduciendo la trabajabilidad,



mientras que un aumento en el porcentaje de finura mejora la resistencia a la compresión. El Cemento Sol destaca como el más recomendado, y el Andino como el menos recomendado por sus propiedades físico-mecánicas.

Coronel (2019), en su trabajo de investigación se centró en evaluar las propiedades físicas y mecánicas de un cemento envejecido (Tipo I) y su utilidad en proyectos civiles. Se analizaron los efectos de almacenar este cemento en bolsas de papel en contenedores comerciales y en obras durante diferentes periodos. A través de ensayos físicos y mecánicos en tres muestras (A, B y C con 3, 6 y 12 meses de antigüedad, respectivamente), se compararon con muestras frescas de hasta una semana. Los resultados, especialmente en $f'c$ a los 7 y 28 días, mostraron valores favorables en relación con la resistencia base del concreto fresco. El almacenamiento afecta negativamente de la rapidez de hidratación y la capacidad de resistir del cemento, coherente con investigaciones previas. Se concluye que las muestras con menos tiempo de envejecimiento presentan mayor resistencia a la compresión que aquellas con un envejecimiento prolongado.

Aranda, Quispe & La Jara (2020), en su investigación se enfocaron en analizar las propiedades del Cemento Pórtland Tipo 1 guardado en entornos desfavorables durante un periodo de nueve meses en la ciudad de Lima. Se evaluaron diferentes envases y métodos de molienda. La formación de grumos fue más notable en bolsas normales de tres pliegos y con molinos prensa de rodillos. Los grumos afectaron la resistencia a la compresión, especialmente en muestras de molinos de bolas, aunque las



de molinos prensa de rodillos mostraron disminuciones menores a 28 días. El tamizado de grumos reveló que el cemento fino mantuvo resistencias superiores hasta el noveno mes. Las bolsas con cubierta de polipropileno experimentaron mínimas reducciones de resistencia. A pesar del aumento en el tiempo de fraguado debido a los grumos, este se mantuvo dentro de los límites normativos. El estudio concluye con recomendaciones para mejorar la protección del cemento envasado.

Huamaní (2018), en su investigación el autor busca analizar los efectos del tiempo de almacenamiento del cemento en las propiedades del concreto y evaluar la calidad del envase de la marca Sol tipo I. Almacenando el cemento por 30, 60 y 90 días, dividido en dos grupos con y sin protección, se observa que después de 90 días, la formación de grumos alcanza un 90%, y el tiempo de mezcla aumenta. En ensayos de concreto fresco, como Porcentaje de Exudación y Contenido de Aire, se registra un aumento significativo en las muestras almacenadas por 90 días, siendo menor en las protegidas. En ensayos de concreto endurecido, como $f'c$ y E_c , se observa una disminución en las muestras almacenadas por 90 días, siendo más pronunciada en las no protegidas. En resumen, el estudio destaca las variaciones en las propiedades del concreto según el tiempo de almacenamiento y la protección del cemento.

Cana & Quispe (2018), los autores de la tesis de pregrado buscan examinar las propiedades mecánicas del concreto y mortero al usar cemento almacenado en condiciones favorables y no favorables durante los meses más húmedos en Arequipa. Almacenando el cemento en dos condiciones y preparando mezclas de concreto mensuales hasta los 6



meses, con una capacidad de resistir a la compresión de $f'c=210$ kg/cm², los resultados revelan que la formación de grumos, la fluidez de los morteros, la $f'c$, el asentamiento del concreto y otras propiedades varían proporcionalmente al tiempo y a la condición de almacenamiento. Se concluye que es más económico utilizar cemento almacenado adecuadamente en lugar de almacenarlo deficientemente.

Gamboa (2022), el autor busca evaluar el impacto de la prehidratación debido al almacenamiento y al tipo de cemento CEMEX en el fraguado, la fluidez y la compresión de morteros de construcción. La metodología implica simular condiciones de almacenamiento inadecuado de pequeñas bolsas de cemento (4.0 kg) durante diversos períodos (5 a 45 días) con niveles de humedad entre 85% y 92%. Los resultados revelan una disminución significativa en la $f'c$ y un aumento en la fluidez después de 45 días de prehidratación, indicando que el almacenamiento prolongado afecta negativamente las propiedades del concreto evaluadas.

Alvarado & Cortez (2018), los autores buscan entender cómo el tiempo de almacenamiento y el tipo de cemento Portland afectan la fluidez, el fraguado y la resistencia a la compresión de morteros de asiento. Almacenando el cemento durante diferentes periodos (5 a 45 días) bajo techo, con un promedio de humedad relativa del aire del 88%, se evaluaron las mezclas de concreto en cada intervalo. Los resultados muestran un aumento inicial en la fluidez hasta los 30 días de almacenamiento, seguido de una disminución. En el fraguado, los tiempos inicial y final aumentan con el tiempo de almacenamiento, y en la compresión, la resistencia disminuye con el tiempo de almacenamiento. Se concluye que el



almacenamiento prolongado del cemento afecta negativamente la fluidez, fraguado y resistencia a la compresión del mortero.

Carlos (2019), en su trabajo de investigación cualitativa y comparativa titulada "Análisis Comparativo de las Características Físico-Mecánicas de los Cementos Comerciales Portland Tipo IP, HE y HS en la Región de Arequipa", presenta un diseño experimental con el objetivo de analizar y comparar las propiedades clave de estos cementos en sus estados fresco y endurecido. Se busca comprender el comportamiento individual de cada tipo de cemento, evitando considerarlos como multipropósito. El objetivo es definir el cemento óptimo para diseños estructurales en la nueva era tecnológica, considerando la productividad en términos de tiempo y costos. Los resultados incluyen resistencia acelerada, contrastando el cemento de uso típico y un aditivo comercial, utilizando agregado grueso de $\frac{3}{4}$ " y tres diseños de mezclas. La evaluación comprende el estado fresco (slump) y endurecido (resistencia a la tracción y compresión), además de la prueba de tiempo de fraguado para establecer los parámetros temporales de cada variedad de cemento examinada.

Arrieta & Medina (2019), el proyecto busca desarrollar un método de diseño de mezcla para la producción de concreto de alto rendimiento, dirigido a la construcción de estructuras desafiantes como edificios altos, puentes extensos y túneles. Siguiendo la sugerencia del profesor Pierre Claude Aitcin de la Universidad de Sherbrooke en Quebec, Canadá, se incorpora un nuevo indicador: el nivel de saturación del aditivo, omitido en los diseños convencionales de concreto. Mediante análisis exhaustivos, se calculará este parámetro con el fin de elegir el aditivo que maximice la



dispersión en la pasta de cemento y determine las cantidades aproximadas de los elementos en la mezcla. La elección de componentes se guiará por criterios de rendimiento, incluyendo pruebas con materiales cementicios suplementarios para mejorar propiedades y reducir el uso de cemento. Se emplearán los estándares ACI 237R-07 y EFNARC para evaluar el rendimiento, seguido de un análisis costo-beneficio de los concretos especializados. El proyecto concluye con recomendaciones basadas en la experiencia.

2.2.1.3. Regionales.

Salas (2019), En su investigación el autor busca determinar cómo el tiempo de almacenamiento del cemento Portland tipo IP - marca Rumi afecta las propiedades del concreto con $f'c$ de 210 kg/cm². La metodología se basa en almacenar el cemento en condiciones favorables para luego elaborar mezclas de concreto cada mes, hasta completar 150 días, con el objetivo de alcanzar una $f'c=210$ kg/cm². Todos los ensayos se llevaron a cabo siguiendo las normas establecidas. Los resultados obtenidos indican que el concreto elaborado con el cemento almacenado presenta una influencia negativa en las propiedades de $f'c$, consistencia y densidad del concreto.

Machaca (2021), el autor investiga cómo la prehidratación y la adición de un aditivo superplastificante afectan la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto producido con cementos almacenados por más de 6 meses. Almacenando cemento Portland IP (FRONTERA) y preparando mezclas en diferentes meses, los resultados



indican una disminución en la resistencia del concreto con el tiempo de almacenamiento. El aditivo superplastificante mejora la trabajabilidad y proporciona resistencias a la compresión superiores al 70% en comparación con el concreto patrón. Además, reduce el costo de producción en más del 11%. En conclusión, la prehidratación disminuye gradualmente las propiedades del concreto, mientras que el aditivo superplastificante aumenta de manera notable la manejabilidad y la $f'c$.

Aragón (2021), en su investigación desarrollada en la ciudad de Puno evaluó marcas de cemento, destacando IP Rumi y Frontera. La presencia de Yura y Wari generó la necesidad de identificar la opción óptima para constructores locales. El estudio busca diferencias en $f'c$ a 7, 14 y 28 días ($f'c=210$ kg/cm²). Resultados indican que el concreto con Rumi supera a Frontera en resistencia. Yura exhibe resistencias tempranas superiores a Wari, aunque este último destaca a 28 días. En términos de costos por metro cúbico, Yura lidera, seguido por Wari, Rumi IP y Frontera.

Pachacutec & Vilca (2018), la investigación se enfoca en comparar los efectos de microsílíce y nanosílíce en relación con un concreto estándar utilizando el mismo agregado. El propósito central es analizar las propiedades de resistencia y realizar un estudio de costos para evaluar la viabilidad en construcciones de alta categoría en la región de Puno y proyectos públicos. El propósito consiste en identificar y contrastar las características de resistencia del concreto al emplear microsílíce y nanosílíce en conjunto con los agregados provenientes de la cantera Cutimbo. Los resultados revelan aumentos significativos en la resistencia



a la compresión al incorporar microsílíce (45.71%, 59.83%, 54.28%) y nanosílíce (41.78%, 50.40%, 51.32%) en diferentes proporciones. Se utilizó cemento portland puzolánico de tipo IP con una relación agua/cemento de 0.4, siguiendo las pautas de la guía ACI 211.1 para concreto. La resistencia máxima alcanzada a los 28 días fue de 570.95 kg/cm² con un 10% de microsílíce y 540.54 kg/cm² con un 1.5% de nanosílíce. El análisis de costos reveló reducciones del 37.19%, 41.31%, 38.38% con nanosílíce al 0.5%, 1%, 1.5%, y del 7.82%, 9.66%, 21.44% con microsílíce al 5%, 10%, 15%, respectivamente.

Colquehuanca (2017), Este estudio tiene como objetivo proporcionar una visión sobre los tiempos de mezclado del concreto convencional, empleando retardadores de fragua como aditivos. Se busca determinar el tiempo mínimo y máximo para el mezclado del concreto, analizando la evolución y velocidad de fragua en relación con diversos tiempos de mezclado y proporciones del aditivo. Se utilizaron mezclas de prueba con características similares al concreto premezclado, variando los tiempos de mezclado y curado bajo condiciones uniformes para evaluar la influencia del tiempo de mezclado en la f'c. Los resultados, presentados en cuadros y gráficos, revelan un aumento en la resistencia con la prolongación del tiempo de mezclado, acompañado de una reducción significativa en la uniformidad y un aumento de aire atrapado. Se identifica un plazo de tiempo, representando el máximo tiempo de mezclado, respaldando descubrimientos previos y confirmando la hipótesis inicial.

Lipa (2019), La creciente necesidad de hormigón en la preparación de concreto por parte de personas sin conocimientos técnicos ha originado



un verdadero desafío relacionado con el deterioro prematuro de infraestructuras. El estudio comparativo se enfocó en evaluar la calidad de los agregados provenientes de las canteras de Cutimbo y Santa María, examinando su influencia en las propiedades del concreto. Se recolectaron tres muestras de cada cantera para analizar sus características físicas, químicas y mecánicas. Los resultados revelaron disparidades en el peso específico, con 2.38 gr/cc y 2.37 gr/cc para agregados fino y grueso de Cutimbo, y 2.45 gr/cc y 2.43 gr/cc para Santa María. En cuanto a la resistencia a la compresión simple, se observaron valores de 105.9% y 130.06% para Cutimbo y Santa María, respectivamente, utilizando un diseño de 210 Kg/cm² a los 28 días. Los niveles de desgaste por abrasión registraron 25.89% para Santa María y 22.76% para Cutimbo. El análisis de costos por metro cúbico indicó s/. 380.43 para Santa María y s/. 361.28 para Cutimbo. En resumen, los hallazgos respaldan la idoneidad de los agregados provenientes de la cantera Santa María para la elaboración de concreto en la ciudad de Puno.

Quispe (2017), Ante el desafío de la disminución de la resistencia a compresión en el concreto, especialmente en la relación entre la resistencia del control de calidad y la resistencia de diseño en Puno, se plantea la hipótesis de que el curado en condiciones diarias de temperatura ambiente afecta negativamente la resistencia del concreto en la ciudad. El proyecto de investigación, se llevó a cabo con un enfoque cuantitativo y diseño experimental. La población estudiada incluyó concretos diseñados para $f_c=210$ en Puno, con una muestra de 50 especímenes de 6" por 12". La validación de la hipótesis se realizó mediante pruebas T inferenciales,



concluyendo que el concreto diseñado bajo condiciones de gradiente térmico en Puno presenta una disminución del 19.2% en la $f'c$ a los 28 días en contraste con el concreto curado en condiciones ideales de laboratorio. Este resultado subraya la importancia de considerar el gradiente térmico en la elaboración de las proporciones para la mezcla de concreto y cumplir con especificaciones técnicas.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La realización de este estudio se llevó a cabo en el departamento de Puno, abarcando la ciudad de Puno y el distrito de San Gaban.

3.1.1. Ubicación geográfica de la ciudad de Puno

Puno, la capital del departamento, se sitúa en la sierra altiplánica a una elevación de 3,810 metros sobre el nivel del mar. Su clima se caracteriza por ser frío andino y seco, con una humedad relativa promedio anual del 54.3% (Atlas Climático del departamento de Puno, 2021).

- País : Perú
- Departamento : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Puno
- Ciudad : Puno

3.1.2. Ubicación geográfica del distrito de San Gaban

San Gaban, situado en la selva puneña, ubicada a una elevación de 410 metros sobre el nivel del mar. Esta localidad experimenta un clima tropical con notables precipitaciones anuales, y la humedad relativa promedio anual alcanza el 89% (Atlas Climático del departamento de Puno, 2021).

- País : Perú
- Departamento : Puno



- Provincia : Carabaya
- Distrito : San Gaban
- Centro Poblado : Puerto Manoa

3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

La fase experimental comenzó el 21 de marzo de 2023, con el registro inicial de la humedad relativa del ambiente y el almacenamiento de los cementos portland puzolánicos tipo IP de la marca FRONTERA, tanto en Puno como en el distrito de San Gaban. Posteriormente, se llevaron a cabo los ensayos necesarios para respaldar la hipótesis propuesta. La ejecución experimental concluyó el 12 de septiembre de 2023.

3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO

3.3.1. Cemento

El cemento portland puzolánico tipo IP de la marca FRONTERA proviene de la instalación cementera operada por la empresa YURA S.A., ubicada en la ciudad de Arequipa, en la carretera Yura Km 26+000.

3.3.2. Agregados

Los materiales pétreos utilizados se obtienen de la cantera Cutimbo, la cual se halla en el distrito de Pichacani, Provincia de Puno, en el Kilómetro 24+000 de la Carretera Puno-Moquegua. La cantera está situada a una elevación de 3,900 m.s.n.m., con ubicación geográfica de aproximadamente 16°02'26.20" S de latitud y 70° 01'0.57" O de longitud.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.4.1. Población

Según Hernández et al. (2014), se define como el grupo completo de individuos, especímenes, objetos o medidas que son objeto de estudio. Esta población, caracterizada por especificaciones y cualidades particulares, puede tener un alcance finito o infinito.

En el contexto de este estudio, la población de interés se enfoca en el concreto con una $f'c=210$ kg/cm², relación $a/c=0.62$ y asentamiento $S=7.62$ cm a 10.16 cm. La Tabla 1 presenta la población de 283 kg de concreto, siendo este el volumen total obtenido con una bolsa de cemento, de acuerdo con el diseño de mezclas establecido para el estudio. Es importante destacar que se trata de una población finita.

Tabla 1

Población de estudio

POBLACIÓN DE ESTUDIO	POBLACIÓN	OBSERVACIÓN
Concreto $f'c=210$ kg/cm ² , $a/c=0.62$ y $S=3''$ a $4''$.	283 kg	La población se cuantifico en kg para mayor exactitud.

Nota: La tabla presenta la población de estudio por una bolsa de cemento.

3.4.2. Muestra

De acuerdo con Bernal (2010), la muestra es una porción representativa de la población que se elige y de la cual se obtendrá la información necesaria para llevar a cabo el estudio, incluyendo la medición y observación de las variables de interés. En este trabajo de estudio de investigación, se aplicó el método de muestreo probabilístico, específicamente el muestreo aleatorio simple, para determinar la muestra.



Formulas estadísticas para hallar la muestra para una población finita:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times P \times Q}{d^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times P \times Q}$$

Donde:

n = Muestra

N = Población, (283 kg)

Z_{α} = Nivel de confianza 95% (1.96)

P = Probabilidad de éxito, (50%)

Q = Probabilidad de fracaso, (50%)

d = Error máximo, (10%)

Reemplazando:

$$n = \frac{283 \times 1.96^2 \times 50\% \times 50\%}{10\%^2(283 - 1) + 1.96^2 \times 50\% \times 50\%}$$

$$n = 72 \text{ kg}$$

La muestra por cada bolsa de cemento consiste en 72 kg de concreto, equivalente a 6 briquetas. Para este estudio en particular, se almacenaron 16 bolsas de cemento junto con una bolsa destinada para la muestra patrón, totalizando 17 bolsas de cemento. A partir de estas, se elaboraron 102 unidades de briquetas.

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

La evaluación del supuesto determina la coherencia entre supuesto poblacional y los datos recopilados en la muestra. Existen dos categorías principales de análisis estadísticos para llevar a cabo esta prueba: los paramétricos y los no paramétricos. La elección entre estos depende de los supuestos asociados. En una misma investigación, es factible realizar análisis paramétricos para ciertas hipótesis y variables, mientras se emplean análisis no paramétricos para otras, según sea necesario (Hernández et al., 2014).

3.5.1. Análisis paramétricos

Supuestos de análisis:

- a. La variable dependiente tiene una distribución normal en la población: la totalidad de casos presentaran una distribución normal.
- b. Las variables están medidas en escala de intervalos o razón.
- c. En el caso de estudios que involucran dos o más poblaciones, estas presentan homogeneidad en sus varianzas: las dispersiones de las poblaciones estudiadas son comparables entre sí.

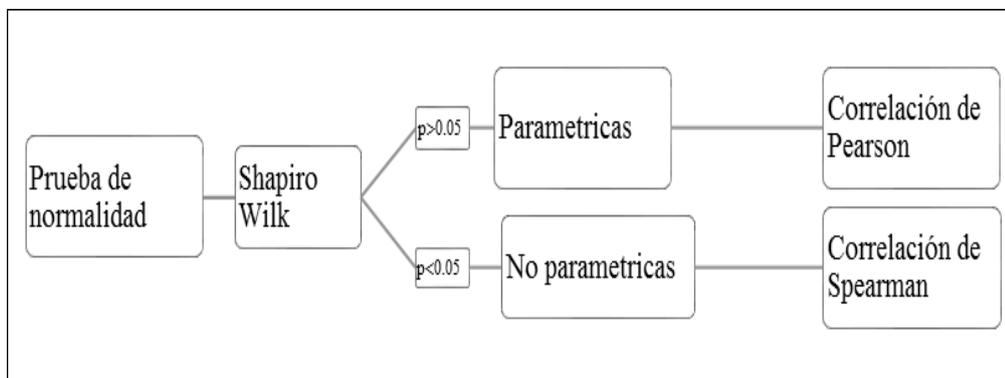
3.5.2. Análisis no paramétricos

Supuesto de análisis:

- a. Se admiten distribuciones que no sigan una forma normal.
- b. No es imperativo que las variables se midan en una escala de intervalos o razón; se pueden analizar datos nominales u ordinales. De hecho, si se tiene la intención de aplicar análisis no paramétricos a datos medidos en intervalos o razón, es requerido convertirlos en categorías discretas.

Figura 3

Diseño estadístico del estudio



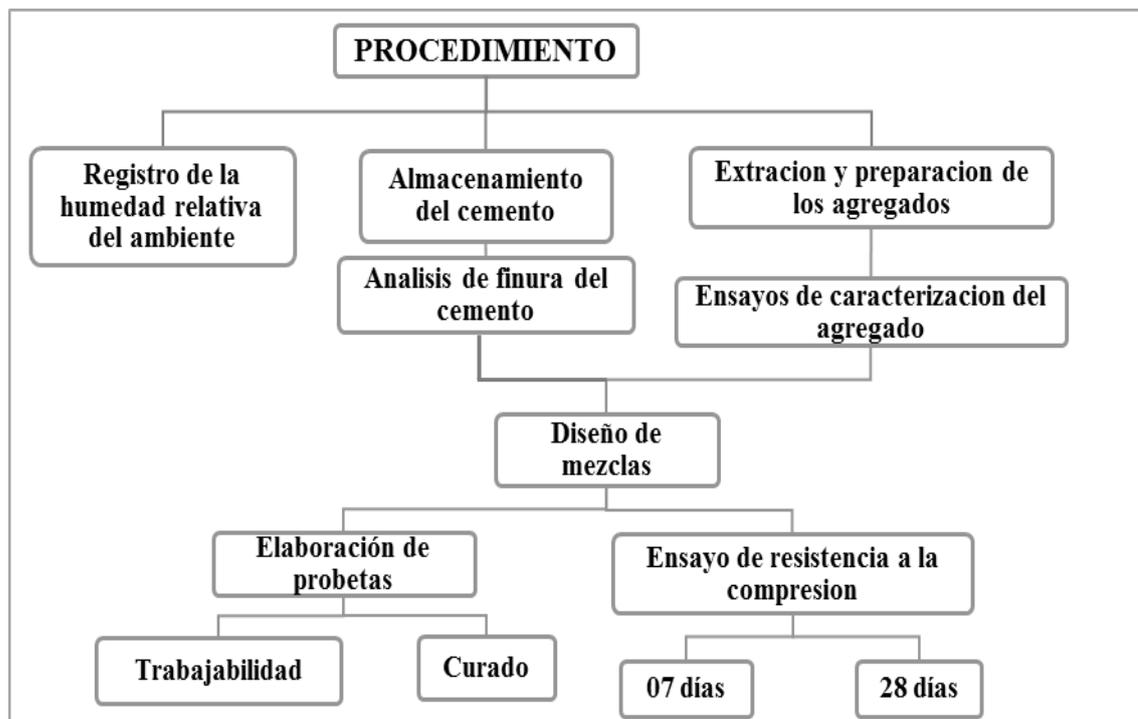
Nota: El diagrama muestra el diseño estadístico del estudio.

3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El desarrollo experimental de la investigación se sintetiza en la Figura número 4.

Figura 4

Procedimiento experimental de la investigación



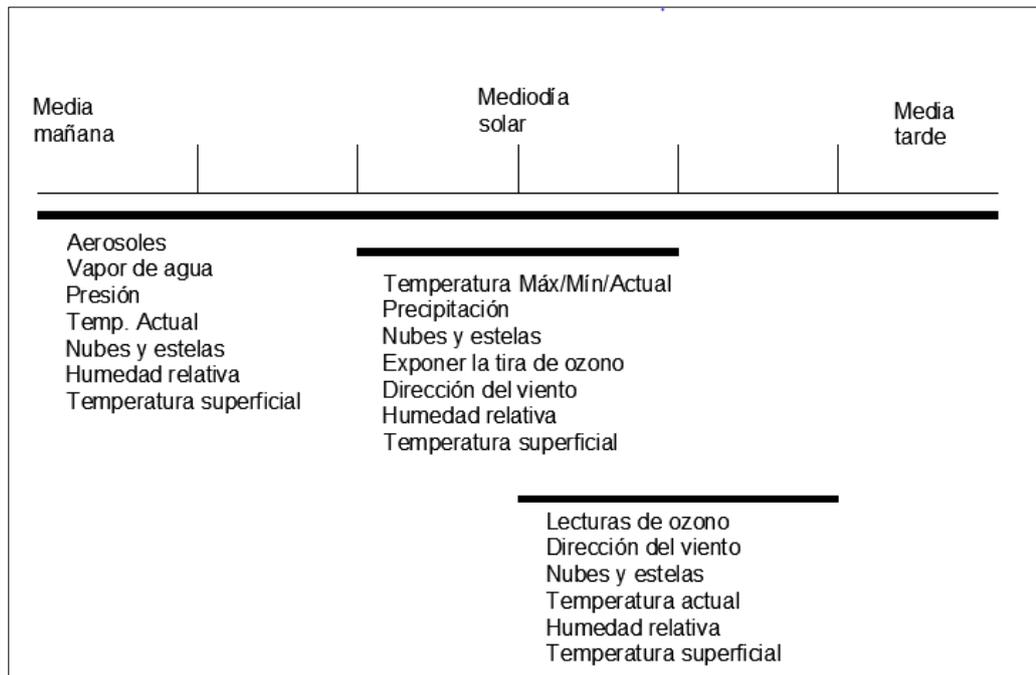
Nota: El diagrama muestra el procedimiento experimental del estudio.

3.6.1. Registro de la humedad relativa del ambiente

Durante el proceso de almacenamiento del aglutinante portland puzolánico tipo IP de la marca Frontera, tanto en el distrito de San Gaban como en la ciudad de Puno, se registró el porcentaje de humedad relativa del ambiente. Este registro se llevó a cabo mediante un higrómetro digital Elitech – GSP-6, efectuando mediciones tres veces al día a las 9:00 a.m., 12:00 p.m. y 15:00 p.m.

Figura 5

Horas del día para registrar la humedad relativa



Nota: Se muestra el rango de horas del día para tomar un grupo completo de observaciones atmosféricas diarias. Extraído de Investigación de la atmosfera. (Globe,2005)

3.6.2. Almacenamiento del cemento

El cemento portland puzolánico tipo IP – marca Frontera fue almacenado en el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno, en un ambiente que simula un almacén de obra. En dos condiciones: el primer grupo con protección de polietileno y el segundo grupo sin protección, en periodos de tiempo de 30, 60, 90 y 120 días.

3.6.3. Análisis de finura del cemento

- La determinación de la finura del cemento portland puzolánico tipo IP – marca Frontera almacenado se llevó a cabo conforme a la norma ASTM C-184.
- La metodología, de acuerdo con la norma ASTM C-184, comenzó pesando 50 g de cemento portland puzolánico tipo IP – marca Frontera en una balanza de



precisión. La muestra de 50 g fue tamizada a través de la malla N°100 durante un período de 15 minutos, aplicando golpes leves y girando el tamiz, se evitó pérdidas de la muestra con la tapa y la base del tamiz.

- Posteriormente, la muestra retenida en el tamiz N°100 se colocó en una bandeja y se pesó para llevar a cabo los cálculos necesarios.
- Fórmula para hallar la finura del cemento

$$F = 100 - \left(\frac{(R_s \times 100)}{W} \right)$$

Donde:

F = Finura del cemento, (%)

R_s = Residuo retenido en la malla N°100, (g)

W = Peso de la muestra, (50 g)

Tabla 2

Porcentaje de finura del cemento almacenado – San Gaban

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	ESTADO DE ALMACENAMIENTO	PESO RETENIDO EN LA MALLA N°100 (g)	% DE FINURA DEL CEMENTO
30 días	con protección	0	100
	sin protección	5.67	88.66
60 días	con protección	2.05	95.9
	sin protección	16.28	67.44
90 días	con protección	6.65	86.7
	sin protección	41.39	17.22
120 días	con protección	20.06	59.88
	sin protección	50	0

Nota: La tabla presenta por periodo de tiempo el porcentaje de finura del cemento almacenado en el distrito de San Gaban.

Tabla 3

Porcentaje de finura del cemento almacenado - Puno

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	ESTADO DE ALMACENAMIENTO	PESO RETENIDO EN LA MALLA N°100 (g)	% DE FINURA DEL CEMENTO
30 días	con protección	0	100
	sin protección	0	100
60 días	con protección	0	100
	sin protección	1.27	97.46
90 días	con protección	0.9	98.2
	sin protección	2.72	94.56
120 días	con protección	3.55	92.9
	sin protección	14.82	70.36

Nota: La tabla presenta por periodo de tiempo el porcentaje de finura del cemento almacenado en la ciudad de Puno.

- Los resultados referentes a la finura de los cementos almacenados en el distrito de San Gaban están detallados en la Tabla 2, mientras que los resultados correspondientes a los cementos almacenados en la ciudad de Puno se presentan en la Tabla 3. En estas tablas se especifica el período de almacenamiento, la condición de almacenamiento, los pesos retenidos en el tamiz N°100 y el porcentaje de finura del cemento.

3.6.4. Extracción y preparación de los agregados

- El experimento se llevó a cabo conforme a la norma NTP 400.010. En este proceso, se adquirieron cuatro muestras representativas del material granular proveniente de la cantera Cutimbo, las cuales fueron combinadas para constituir una muestra con una masa total de 50 kg. Con el objetivo de determinar la masa mínima en el campo, se identificó el TMN del agregado según la Tabla 4.



Tabla 4

Peso de la muestra para caracterización del agregado

TMN DEL AGREGADO (mm)	MASA MÍN. APROX. PARA LA MUESTRA DE CAMPO kg
A.F.	
2,36	10
4,76	10
A.G.	
9,5	10
12,5	15
19,0	25
25,0	50
37,5	75
50,00	100
63,00	125
75,00	150
90,00	175

Nota: Extraído de la NTP 400.010.

- La muestra de 50 kg fue sometida a un proceso de secado al sol, seguido de la separación del agregado fino y grueso mediante el uso de la malla N°04. La fase de preparación de las muestras, o cuarteo, se llevó a cabo antes de iniciar los ensayos de caracterización del agregado, tanto fino como grueso.

3.6.5. Ensayos de caracterización del agregado

3.6.5.1. Análisis granulométrico del A.G.

- Las normas pertinentes para llevar a cabo el análisis granulométrico son las establecidas por NTP 400.012 y NTP 400.37.
- El tamaño máximo (TM), definido por la norma NTP 400.037, se refiere al menor tamiz por el cual la totalidad de la muestra de agregado grueso puede pasar. Para los propósitos de esta investigación, el tamaño máximo es de $TM=1\frac{1}{2}''$.



- El tamaño máximo nominal (TMN), según la normativa NTP 400.037, se refiere al menor tamiz de la serie empleada que genera el primer retenido, situándose entre el 5 % y el 10 %. En esta investigación, el TMN=1”
- Los criterios de gradación para el A.G., conforme a la normativa NTP 400.037 para el huso 56, se presentan resumida en la Tabla número 5.

Tabla 5

Requisitos granulométricos del A.G. – huso 56

ABERTURA DE TAMIZ		% QUE PASA POR LOS TAMICES
PULG	MM	NORMALIZADOS HUSO 56
1 1/2	38.100	100
1	25.400	90-100
3/4	19.050	40-85
1/2	12.700	10-40
3/8	9.525	0-15
N°4	4.760	0-5

Nota. Requisitos que debe cumplir el A.G. para el huso 56. Extraído de NTP 400.037.

- Conforme con la norma NTP 400.012, se prosigue a tamizar 10 kg de A.G., y para los cálculos y la representación gráfica de la curva granulométrica, se aplican las siguientes fórmulas.

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso total}} \times 100$$

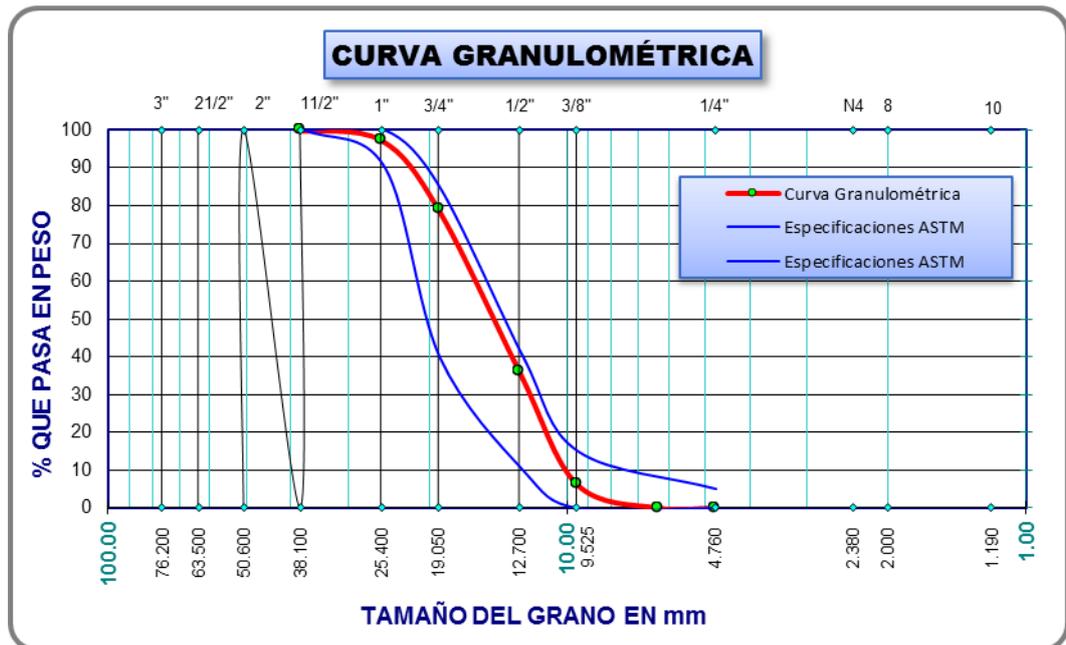
$$\%Ret. acum = \frac{\text{Peso. ret. acum}}{\text{Peso total}} \times 100$$

$$\%Que pasa = \frac{\text{Peso que paso}}{\text{Peso total}} \times 100$$

- Se elaboró la curva granulométrica correspondiente de acuerdo a los resultados obtenidos del proceso de tamizado y los criterios del huso 56 especificados en la norma NTP 400.037.

Figura 6

Curva granulométrica del A.G.



Nota: Curva granulométrica del A.G., la cual se ubica dentro de los parámetros máximos y mínimos definidos en la norma NTP 400.037.

- El módulo de fineza del A.G. es un parámetro utilizado para evaluar las propiedades granulométricas del agregado. De acuerdo con la norma NTP 400.012, se obtiene adicionando los porcentajes acumulativos retenidos en cada malla y dividiendo la adición total entre 100.

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{ Acum. Ret. } (1 \frac{1}{2}'' , 3/4'' , 3/8'' , N^{\circ}4 + 500)}{100}$$

$$MF = 7.15$$

- **Análisis de los resultados:** La ilustración gráfica que muestra cómo se distribuyen las diferentes dimensiones de las partículas, mostrada



en la Figura 6, cumple con los estándares especificados para el A.G., según la norma NTP 400.037. En consecuencia, el material examinado es adecuado para su utilización en la elaboración de concreto, y se obtiene un Módulo de Fineza de 7.15.

3.6.5.2. Análisis granulométrico del A.F.

- Los procedimientos estandarizados para llevar a cabo el análisis granulométrico del A.F., son la NTP 400.012 y la NTP 400.37.
- Los criterios de gradación que deben cumplir el A.F. están detallados en la Tabla 6 según lo estipulado en la NTP 400.037.

Tabla 6

Requisitos de la granulometría del A.F.

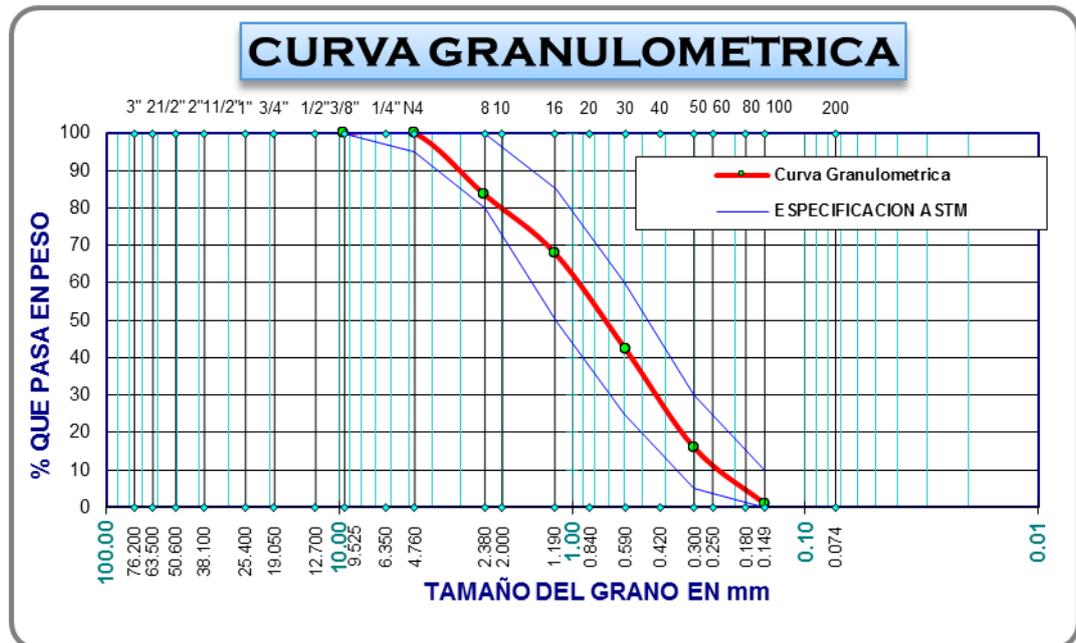
ABERTURA DE MALLA		% QUE PASA
3/8	0.95 cm	100
Nro.4	0.475cm	95 - 100
Nro.8	0.236 cm	80 - 100
Nro.16	0.118 cm	50 - 85
Nro.30	600 μ m	25 - 60
Nro.50	300 μ m	05 - 30
Nro.100	150 μ m	0 - 10

Nota. Extraído de la NTP 400.037.

- Conforme con la norma NTP 400.012, la proporción mín. de muestra para llevar a cabo este ensayo es de 300 g; sin embargo, en esta investigación se emplearon 500 g para asegurar una representatividad adecuada de la muestra.
- La representación gráfica de la curva granulométrica del A.F., se elaboró mediante los cálculos derivados del tamizado y la información detallada en la Tabla 6.

Figura 7

Curva granulométrica del A.F.



Nota: Curva granulométrica del A.F., la cual se ubica dentro de los parámetros máximos y mínimos definidos en la norma NTP 400.037.

- **Módulo de fineza del agregado fino**

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acum. Ret. } (N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

$$MF = 2.90$$

- **Análisis de los resultados:** La representación gráfica de la distribución granulométrica, presentada en la Figura número 7, satisface los estándares establecidos para el A.F. según la norma NTP 400.037. En consecuencia, el material sometido a ensayo es adecuado para la elaboración de concreto. Además, el MF obtenido es de 2.90, ubicándose dentro del intervalo de MF=2.3 a 3.1 según la misma normativa NTP 400.037.

3.6.5.3. Peso Unitario del A.G. y A.F.

- La norma que corresponde para hallar el Peso Unitario es: NTP 400.017.
- De acuerdo con la norma NTP 400.017, para llevar a cabo la prueba se necesitará un recipiente que satisfaga las capacidades específicas indicadas en la Tabla 7, en función del TMN.

Tabla 7

Capacidad del recipiente

TMN DEL MATERIAL PÉTREO		AFORO DEL ENVASE	
mm	pulg	m ³	p ³
12.50	0.5"	0.0028 (2.8)	1/10
25.00	1"	0.0093 (9.3)	1/3
37.50	1.5"	0.0140 (14)	½
75.00	3"	0.0280 (28)	1
100	4"	0.0700 (70)	2 ½
125	5"	0.1000 (100)	3 ½

Nota: Extraído de la NTP 400.017.

- **Peso Unitario Compactado del agregado.** – Este experimento, se inició llenando el envase con el material pétreo hasta un tercio de su capacidad, nivelando la superficie manualmente. Posteriormente, se realizaron 25 golpes uniformes con la varilla de apisonado en cada una de las tres capas de agregado. Después de compactar las capas, se procedió a nivelar la superficie y a enrasarla con la varilla, asegurándose de no dejar espacios vacíos. Finalmente, se pesó el recipiente con la muestra en la balanza y se registraron los valores para los cálculos.



- **Peso Unitario Suelto del Agregado:** En este procedimiento, se empleó un cucharón para llenar el recipiente con el agregado. El material se descargó desde un nivel que no excediera los 5.00 cm por encima del filo superior, evitando movimientos que pudieran provocar segregación. Después de llenar el recipiente, se niveló la superficie del agregado manualmente y se enrasó con una varilla de apisonado para asegurar la ausencia de espacios vacíos. Al concluir, se pesó el recipiente con la muestra en una balanza y se registraron los valores para futuros cálculos.
- Fórmula para hallar el peso unitario o densidad de masa.

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

$$M = (G - T) \times F$$

Donde:

M = Densidad de masa del material pétreo, kg/m³

G = Peso del material pétreo más el envase, kg

T = Masa del envase, kg

V = Volumen del envase, m³

F = Factor para el envase, 1/m³

- Los datos correspondientes al peso unitario del material pétreo en estado suelto y compactado, se presentan en la Tabla 8 y la Tabla 9, respectivamente.

Tabla 8*Peso unitario del A.G.*

P.U. SUELTO			
MOLDE	I	II	III
P.U. seco gr/cm ³	1.501	1.478	1.509
P.U. seco kg/m ³ (promedio)		1496	

P.U. COMPACTADO			
MOLDE	I	II	III
P.U. seco gr/cm ³	1.622	1.622	1.623
P.U. seco kg/m ³ (promedio)		1622	

Nota: Peso unitario del A.G. empleado en la investigación.

Tabla 9*Peso unitario del A.F.*

P.U SUELTO			
MOLDE	I	II	III
P.U. seco gr/cm ³	1.472	1.472	1.471
P.U. seco kg/m ³ (promedio)		1472	

P.U COMPACTADO			
MOLDE	I	II	III
P.U. seco gr/cm ³	1.607	1.608	1.607
P.U. seco kg/m ³ (promedio)		1607	

Nota: Peso unitario del A.F. empleado en la investigación.

- **Análisis de resultados:** Según lo indicado por Sánchez (2001), se clasifica el peso unitario del agregado en tres categorías: ligero si se encuentra en el rango de 60 a 1,040 kg/m³, normal si oscila entre 1,300 y 1,600 kg/m³, y pesado si varía entre 3,400 y 7,500 kg/m³. En el contexto de esta investigación, el agregado analizado presenta un rango de 1,400 a 1,600 kg/m³, clasificándose como de tipo normal.

3.6.5.4. Peso específico y absorción del A.G.

- La normativa utilizada para calcular el W específico y el porcentaje de adsorción del A.G. es la NTP 400.021. Conforme a la norma NTP 400.021, la cantidad mínima requerida para llevar a cabo este ensayo es de 4 kg, considerando un TMN de 1". Ver los detalles en la Tabla número 10.

Tabla 10

Peso mínimo del A.G para peso específico y adsorción.

TMN mm (pulg)	W MÍN. DE A.G. kg (lb)
25.0 (1)	4 (8.8)

Nota. Extraído de la NTP 400.021.

- Se empleó aproximadamente 5 kg de agregado grueso, sometiéndolo a un proceso que inició con el secado en un horno a 110 °C durante 24 horas. Posteriormente, la muestra, ya seca y a temperatura ambiente, se sumergió en H₂O durante un día. Tras este tiempo, se procedió a secar la parte superior de la muestra con una toalla hasta que desapareció la película de agua, evitando la evaporación total. Luego, se pesó la muestra en una balanza. Se taró la cesta de malla y se colocó la muestra SSS en la cesta. Inmediatamente, se sumergió la cesta con la muestra en el depósito de agua a 24 °C y se registró el peso. Para finalizar, la muestra se ubicó en una bandeja de acero y se secó en el horno a 230 °F durante 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo, se pesó y registró el peso de la muestra.



- La fórmula utilizada para determinar el W específico y el porcentaje de absorción del A.G. fue la siguiente:

Peso específico de masa (Pem)

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

Donde:

A = W de la muestra seca en el aire, (g)

B = W de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, (g)

C = W en el H₂O de la muestra saturada, (g)

S = Masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco (g)

Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)

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

Peso específico aparente (Pea)

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

Absorción (Ab)

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

- Los valores obtenidos del análisis de peso específico y adsorción del A.G. se exponen en la Tabla número 11.

Tabla 11

Peso específico y porcentaje de adsorción del A.G.

VALORES OBTENIDOS DEL EXPERIMENTO	
W específico aparente	2.45
W específico aparente (SSS)	2.53
Porcentaje de absorción	3.17

Nota: Peso específico y adsorción del A.G.



3.6.5.5. Peso específico y absorción del A.F.

- La normativa para determinar el peso específico y adsorción del agregado fino es la NTP 400.022, y se empleó el método gravimétrico. Se tomó aproximadamente 1 kg de A.F., el cual se secó en un horno a 110 °C durante 24 horas. Posteriormente, la muestra seca y fría se sumergió en agua durante 24 horas. Después de este período de inmersión, se procedió a secar superficialmente la muestra en una estufa. Utilizando un molde con forma de cono y un compactador, se verificó si la muestra estaba superficialmente seca. Luego, se pesaron 500 g de la muestra SSS en una balanza.
- Los 500 g de muestra SSS se introdujeron en el picnómetro, y se agregó agua a 24 °C hasta alcanzar el nivel indicado en el picnómetro. Se eliminaron las burbujas utilizando una bomba de vacío durante aproximadamente 15 minutos. Utilizando una balanza de precisión, se registró el peso del picnómetro con la muestra SSS y el agua, el peso del picnómetro con solo agua a 24 °C, y el peso del picnómetro. Finalmente, se retiró el A.F. y el agua del picnómetro, se colocó en un recipiente y se secó en el horno a 110 °C durante 24 horas. Después de este tiempo, se pesó y se registró el peso de la muestra.
- La fórmula utilizada para hallar los valores de peso específico y absorción del A.F., se expone en el ítem anterior.
- Los valores obtenidos del análisis de peso específico y adsorción del A.F. se exponen en la Tabla número 12.

Tabla 12

Peso específico y porcentaje de adsorción del A.F.

VALORES OBTENIDOS DEL EXPERIMENTO	
W específico aparente	2.44
W específico aparente (SSS)	2.54
Porcentaje de absorción	4.14

Nota: Peso específico y adsorción del A.F.

- **Análisis de resultados.** - Conforme a las indicaciones de Pasquel (1998), se clasifica el peso específico de los agregados como ligero si es inferior a 2.5 gr/cm³, normal en el rango de 2.5 gr/cm³ a 2.75 gr/cm³, y pesado si supera los 2.75 gr/cm³. En cuanto a la absorción, se considera entre 0% y 5% para agregados de peso normal. Los resultados del peso específico del agregado analizado en este estudio se encuentran en el rango de 2.53 gr/cm³ a 2.54 gr/cm³, clasificándose como de tipo normal. Además, el porcentaje de absorción varía entre 3.17% y 4.14%.

3.6.5.6. Contenido de humedad de los agregados

- El procedimiento para hallar el %w de los agregados se rige por la normativa NTP 339.185 y se llevó a cabo un día previo a la preparación del concreto.
- La norma NTP 339.185 especifica la porción de material pétreo necesaria para realizar este experimento, se detallada en la Tabla 13.

Tabla 13

Peso mínimo del agregado, para hallar %w

TMN DEL MATERIAL PÉTREO mm (pulg)	W MÍN. DE LA MUESTRA DE MATERIAL PÉTREO (kg)
4.75 (0.187) (N°4)	0.50
25.0 (1)	4.00

Nota. Extraído de la NTP 339.185.

- Se dio inicio al procedimiento mediante la pesada y registro de las taras junto con su numeración correspondiente. Posteriormente, se dispuso la muestra del agregado en tres taras, procediendo a pesarlas utilizando una balanza de precisión. Las muestras de material pétreo fueron posteriormente expuestas a un proceso de secado en un horno electrónico calibrado a 230 °F durante un período de 1440 minutos, tras lo cual se volvió a realizar la pesada de las muestras.
- La fórmula empleada para calcular el contenido de humedad se describe a continuación:

$$P = 100x \frac{(W - D)}{D}$$

Donde:

P = Contenido total de humedad total evaporable de la muestra, (%)

W = Masa de la muestra húmeda original, (g)

D = Masa de la muestra seca, (g)

- **Análisis de resultados.** – El A.F. presenta un contenido de humedad del 2.27 %, mientras que el A.G. tiene un contenido de humedad del 1.71 %. Se concluye que existe la presencia de agua superficial retenida en las partículas del agregado pétreo.

3.6.5.7. Resistencia al desgaste en la máquina de Los Ángeles

- Para evaluar la capacidad de resistir al deterioro del A.G., se siguió el protocolo establecido por la norma NTP 400.019. Se llevó a cabo la prueba utilizando la máquina de los Ángeles, la cual consiste en colocar el material pétreo a evaluar, junto con 12 bolas de acero de bajo contenido de carbono de alta durabilidad, de 4.68 cm de diámetro y un peso total de 4985 gramos aproximadamente, dentro del cilindro metálico, haciendo girar el conjunto durante 500 revoluciones.
- **Resultados del ensayo**

Tabla 14

Porcentaje de pérdida del agregado

AGREGADO		PESO	PESO	DIFERENCIA	% DE
PASA	RETIENE	INICIAL (g)	FINAL (g)	PESO	PERDIDA
1 ½"	1"	1250	1037	213	17.04
1"	¾"	1250	1022	228	18.24
¾"	½"	1250	998	252	20.16
½"	3/8"	1250	975	275	22.00

Nota: La tabla muestra la pérdida por desgaste en la máquina de los Ángeles.

- **Análisis de resultados:** Según Pasquel (1998), los agregados con altos resultados de desgaste a la abrasión en la máquina de los Ángeles mayores a 50% produce concreto con propiedades resistentes inapropiadas en la mayor proporción de casos. En la investigación estos valores son menores del 50% entonces, el agregado es adecuado para ser usado.



3.6.6. Diseño de mezclas método ACI

Procedimiento

- a. Determinar la resistencia promedio necesaria F'_{cr} ; de acuerdo con la Tabla 15, se llevó a cabo el cálculo de F'_{cr} en un escenario en el que no se disponía de registros de f'_c de probetas anteriores.

Tabla 15

Resistencia promedio requerida

F'_c	$F'_{cr} +$
Menos de 210	70
210 - 350	84
>350	98

Nota: Aplicable cuando no se dispone de resultados anteriores. Extraído de ACI 318-95.

- b. Se determinó el contenido de aire de acuerdo con la Tabla 16, empleando el TMN del agregado grueso en el cálculo.

Tabla 16

Contenido de aire para el diseño

TMN DEL A.G.	AIRE ATRAPADO
3/8"	0.030
1/2"	0.025
3/4"	0.020
1"	0.015
1 1/2"	0.010
2"	0.005
3"	0.003
4"	0.002

Nota: Extraído de ACI -221.1-91

- c. El contenido de agua se extrajo de la Tabla 17, considerando el TMN, el asentamiento del concreto y el contenido de aire.

Tabla 17*Cantidad de agua aproximada*

SLUMP	H2O EN LT/M3 DE CONCRETO PARA LOS TMN DE A.G. Y							
	CONSISTENCIA INDICADA							
TMN mm	9.525	12/7	19/05	25.4	38.1	50.8	76.2	152.4
1" - 2"	207.0	199.0	185.0	179.0	166.0	154.0	130.0	113.0
3" - 4"	228.0	216.0	205.0	193.0	181.0	169.0	145.0	124.0
6" - 7"	243.0	228.0	216.0	202.0	190.0	178.0	160.0	-

Nota: Extraído de ACI -221.1-91

- d. La proporción entre el H2O y el material aglutinante a/c se derivó de la Tabla 17, se toma en cuenta la resistencia promedio requerida F'_{cr} . Fue necesario realizar interpolaciones con los datos de la Tabla 18.

Tabla 18*Relación a/c vs f'_{cr}*

F'cr (28 DÍAS)	A/C DE DISEÑO EN PESO	
	SIN AIRE	CON AIRE
100	0.900	0.810
150	0.800	0.710
200	0.700	0.610
250	0.620	0.530
300	0.550	0.460
350	0.480	0.40
400	0.430	-
450	0.380	-

Nota: Extraído de ACI -221.1-91

- e. El contenido de cemento se determinó resolviendo la a/c, con el agua calculada en el ítem c.

$$\text{Cemento (kg)} = \frac{\text{Peso del agua (kg)}}{\text{Relación A/C}}$$



- f. El peso del A.G., se determinó a partir del volumen del A.G. seco compactado (b/bo) obtenido de la Tabla 19, utilizando TMN y el módulo de fineza del A.F., se calculó el peso del A.G multiplicando el volumen del A.G. por el P.U. seco compactado.

$$Peso\ a.\ g. = \frac{b}{bo} \times Peso\ u.\ s.\ c.$$

Tabla 19

Volumen de A.G.

TMN	VOLUMEN DE A.G., SECO Y COMPACTADO, POR 1 M3 DE CONCRETO, PARA DIFERENTES NIVELES DE FINEZA DEL A.F.						
	2.2	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40
3/8"	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.4
1/2"	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51	0.49
3/4"	0.68	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56
1"	0.73	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63	0.61
1 1/2"	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68	0.66
2"	0.8	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68
3"	0.83	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71
6"	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77

Nota: El cálculo es por metro cubico de concreto. Extraído de ACI -221.1-91

- g. Se determinó el volumen del cemento, agua, aire y A.G. para lograr un diseño de mezcla de concreto de 1 m3. Al sumar los volúmenes y resolver la variable correspondiente al A.F., se obtiene el volumen necesario para el A.F.

$$Volumen\ abs.\ (m3) = \frac{peso\ (kg)}{peso\ especifico\ (kg/m3)}$$

- h. Se determinó el peso del A.F. multiplicando su volumen por su peso específico.

$$Peso\ A.\ F. = Volumen\ abs.\ A.\ F. \times peso\ especifico\ A.\ F.$$

- i. Se efectuaron los cálculos anteriores considerando un peso seco de los agregados. Debido a que los agregados en su estado natural contienen un

porcentaje de humedad (%w), se aplicó la corrección utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Peso corregido} = \text{Peso seco} \times \left(\frac{\%w}{100} + 1 \right)$$

- j. Aporte de agua del agregado a la mezcla, se calculó con la siguiente formula.

$$\text{Aporte de agua} = \frac{(\%w - \%abs) \times \text{Peso corregido}}{100}$$

- k. Agua efectiva, el agua del diseño se calcula con la siguiente formula.

$$\text{Agua efectiva (kg)} = \text{agua (kg)} - \text{Aporte de agua (kg)}$$

- l. Proporción del diseño y resultados.

Tabla 20

Proporción del diseño de mezcla

CEMENTO	A.F.	A.G.	H2O
w cemento/w cemento	w A.F./w cemento	w A.G./w cemento	Agua/factor cemento
RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN			
1	1.87	3.15	0.62

Nota: Se muestra la proporción del diseño de mezcla para el estudio realizado.

3.6.7. Elaboración de probetas de concreto

- Se elaboro la mezcla de concreto conforme al diseño establecido para alcanzar una $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, $a/c=0.62$ y $S=3''$ a $4''$, siguiendo las pautas establecidas en las normas NTP 339.183 y NTP 339.033. El proceso comenzó con la pesada de los agregados, el cemento y la medición del agua, y la mezcla se elaboró manualmente mediante el uso de carretilla y pala. Una vez preparada la mezcla, se llevó a cabo la prueba de asentamiento, seguida de la elaboración y curado en agua de las probetas de concreto durante 7 y 28 días.
- Para la elaboración de las probetas, se acondicionaron moldes que cumplieran con las especificaciones normativas, utilizando una probeta de 75 mm de



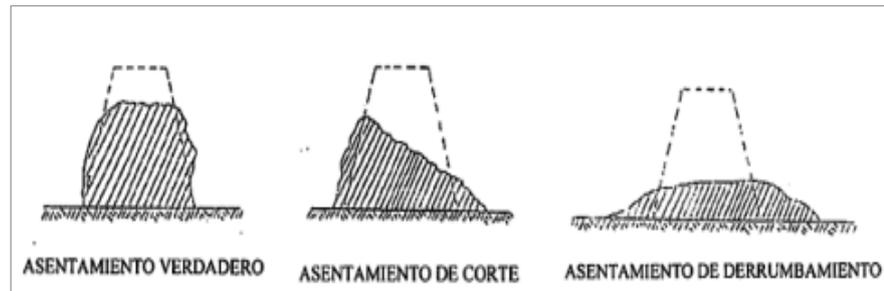
radio y 300 mm de altura en la presente investigación. La preparación de las probetas incluyó la limpieza de los moldes y la aplicación de lubricante de aceite mineral en la superficie interior. La mezcla de concreto se vertió en el molde hasta alcanzar 1/3 de la altura, procediendo luego a compactar el concreto con una varilla de acero de 60 cm mediante 25 golpes, iniciando desde el borde y concluyendo en el centro. Posteriormente, se golpearon las paredes del molde con un martillo de goma para expulsar posibles vacíos. Este mismo proceso se repitió para las dos capas siguientes. Finalmente, se enraza la superficie con la ayuda de un badilejo.

3.6.7.1. Asentamiento del concreto con el cono de Abrams

- La normativa correspondiente para la realización del ensayo de asentamiento es la NTP 339.035. El ensayo de asentamiento Slump, que utiliza el cono de Abrams, está diseñado para mezclas de concreto que son plásticas y cohesivas, con un TM de agregado de 1 1/2". El procedimiento implica verter la muestra de concreto fresco en el cono de Abrams utilizando un cucharón, llenándolo hasta alcanzar 1/3 de su altura. Luego, se compacta la muestra con 25 golpes utilizando una varilla de acero de 60 cm. Este procedimiento se repite para las dos capas siguientes. Después de completar la compactación, se enraza la superficie y se levanta el cono de Abrams de manera inmediata, procediendo a medir el asentamiento. La medición se realiza desde la parte superior del cono invertido hasta el centro del cono deformado de concreto.

Figura 8

Croquis referenciales de asentamiento del concreto fresco



Nota. Extraído de NTP 339.035.

- **Análisis de resultados.** - Los procedimientos de asentamiento en esta investigación se llevaron a cabo para cada mezcla de concreto, cumpliendo la forma de asentamiento representada en la Figura 8. (ver Anexos panel fotográfico).

3.6.7.2. Curado de las probetas de concreto

Conforme a lo establecido por la norma NTP 339.033, después de pasado un día después del desmoldeo inicial de las probetas, se lleva a cabo la inmersión inmediata en agua por un lapso de 7 y 28 días, asegurándose de que el agua permanezca estática durante todo el proceso de curado.

3.6.8. Ensayo de resistencia a la compresión

La prueba de f'_c simple del concreto fue ejecutado conforme a los lineamientos estipulados en la norma NTP 339.034. El proceso se inició extrayendo el testigo de la piscina de curado y midiendo sus dimensiones de diámetro y altura. Posteriormente, el testigo fue posicionado dentro de la máquina automática de compresión simple, alineándolo con el eje de la máquina. Una vez cerrada la puerta de la máquina, se programó la misma para un testigo cilíndrico de dimensiones 75 mm de radio por 300 mm de espesor, con la carga aplicada a



una velocidad de esfuerzo de 0,25 MPa/s. La espera continuó hasta que el equipo mecánico fracturó el testigo, momento en el cual se registró la resistencia a la compresión alcanzada por el testigo.

3.7. VARIABLES

3.7.1. Variable independiente

- **Tiempo de almacenamiento del cemento.**
 - Indicador: Finura del cemento
 - Valor final: Porcentaje retenido en la malla N°100
 - Unidad: %
 - Instrumento: Ensayo de finura del cemento ASTM 186-90
 - Escala de medición: Razón
 - Tipo de variable: Continua

3.7.2. Variable dependiente

- **Resistencia a la compresión del concreto**
 - Indicador: De la capacidad de resistir a la compresión ($f'c$)
 - Valor final: 210 kg/cm²
 - Unidad: kg/cm²
 - Instrumento: Ensayo resistencia a la compresión, NTP 339.034
 - Escala de medición: Razón
 - Tipo de variable: Continua
- **Asentamiento del concreto – Slump**
 - Indicador: Asentamiento
 - Valor final: 3” – 4”



- Unidad: in
- Instrumento: Ensayo asentamiento del concreto, NTP 339.035
- Escala de medición: Razón
- Tipo de variable: Continua

3.7.3. Variable interviniente

- **Humedad relativa del ambiente**
 - Indicador: Porcentaje de humedad en el aire
 - Valor final: 0% - 100%, de HR
 - Unidad: %
 - Instrumento: Higrómetro digital
 - Escala de medición: Razón
 - Tipo de variable: Continua

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Humedad Relativa del Ambiente

Durante el periodo que va desde el 21 de marzo de 2023 y el 06 de agosto de 2023, se llevó a cabo el registro del porcentaje de humedad relativa del ambiente en el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno mediante un higrómetro digital Elitech – GSP6. Las Tabla 21 y 22 correspondientes muestran el registro de la humedad relativa máxima, mínima y el promedio para cada periodo de almacenamiento. En esta investigación, se consideró el promedio de los registros realizados durante cada periodo.

En el caso del distrito de San Gaban, se obtuvo un promedio de humedad relativa de HR = 88.10%, mientras que, para la ciudad de Puno, el promedio de humedad relativa fue HR = 36%.

Tabla 21

Porcentaje de humedad relativa - San Gaban

PERIODO DE ALMACENAMIENTO	% DE HUMEDAD RELATIVA - SAN GABAN		
	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO
30 DÍAS	93.00	81.00	89.03
60 DÍAS	91.00	85.00	87.93
90 DÍAS	91.00	84.00	88.20
120 DÍAS	91.00	82.00	87.23
PROMEDIO	91.50	83.00	88.10

Nota. El promedio de porcentaje de humedad relativa para San Gaban es HR= 88.10%.

Tabla 22*Porcentaje de humedad relativa - Puno*

PERIODO DE ALMACENAMIENTO	% DE HUMEDAD RELATIVA - CIUDAD DE PUNO		
	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO
30 DÍAS	68.00	35.00	50.27
60 DÍAS	58.00	31.00	42.03
90 DÍAS	46.00	20.00	30.87
120 DÍAS	29.00	15.00	20.83
PROMEDIO	50.25	25.25	36.00

Nota. El promedio del porcentaje de humedad relativa para Puno es HR= 36.00%.

4.1.2. Finura del Cemento

En el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno, los hallazgos obtenidos se resumen en la Tabla 23 y la Tabla 24 respectivamente, donde se detalla el tiempo de almacenamiento del cemento, el porcentaje de finura del cemento almacenado y las condiciones de almacenamiento. El porcentaje de finura del cemento almacenado en ambos lugares disminuye a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento. Además, los cementos sin protección muestran una reducción más significativa en el porcentaje de finura en comparación con los cementos almacenados con protección de polietileno. En el distrito de San Gaban, a los 120 días de almacenamiento del cemento, se observa que los cementos protegidos con polietileno presentan un 59.88% de finura, mientras que los cementos sin protección muestran un 0% de finura, indicando que el cemento se ha endurecido completamente. En la ciudad de Puno, a los 120 días de almacenamiento del cemento, se observa que los cementos protegidos con polietileno tienen un 92.9% de finura, mientras que los cementos sin protección muestran un 70.36% de finura.

Tabla 23

Porcentaje de finura del cemento almacenado - San Gaban

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	% DE FINURA DEL CEMENTO - SAN GABAN	
	CON PROTECCIÓN	SIN PROTECCIÓN
30 días	100	88.66
60 días	95.9	67.44
90 días	86.7	17.22
120 días	59.88	0

Nota: Se muestra el porcentaje de finura de los cementos almacenados.

Tabla 24

Porcentaje de finura del cemento almacenado – Puno

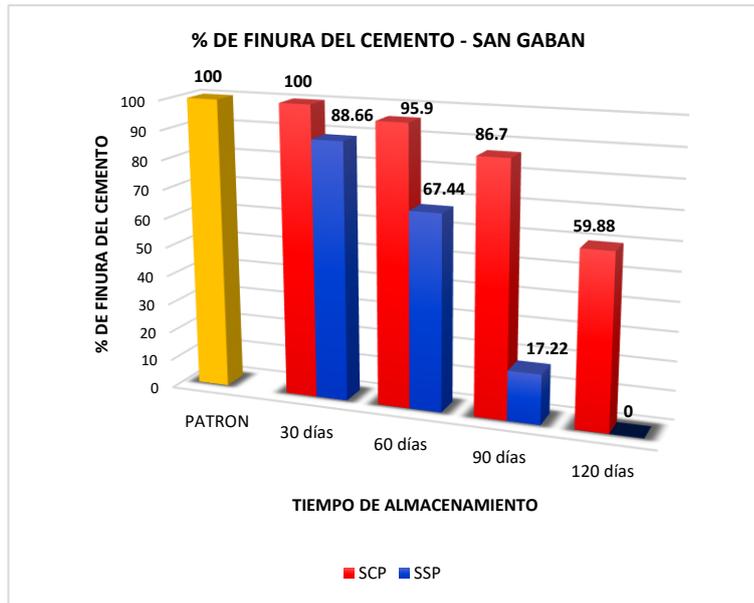
TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	% DE FINURA DEL CEMENTO – PUNO	
	CON PROTECCIÓN	SIN PROTECCIÓN
30 días	100	100
60 días	100	97.46
90 días	98.2	94.56
120 días	92.9	70.36

Nota: Se muestra el porcentaje de finura de los cementos almacenados.

Se representa la Figura 9 y la Figura 10 donde se realizó una comparación del porcentaje de finura del cemento almacenado con protección y sin protección de polietileno de acuerdo al tiempo de almacenamiento 30, 60, 90 y 120 días.

Figura 9

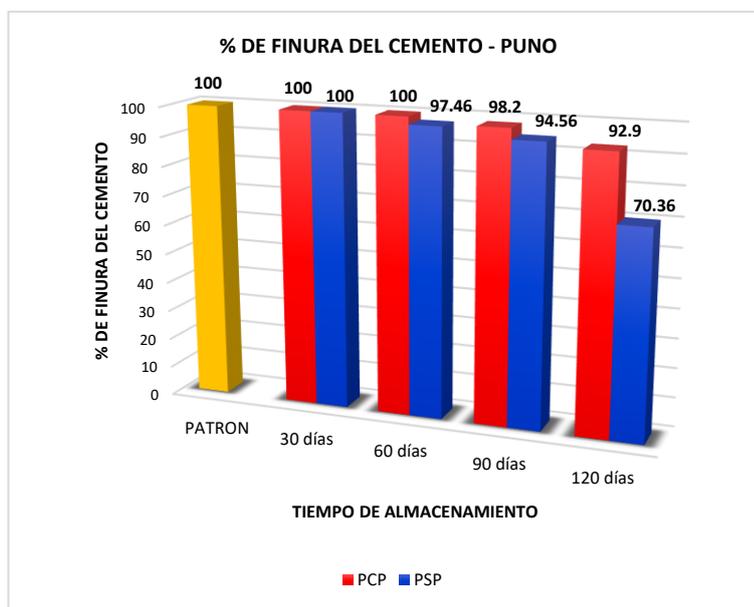
Comparación del porcentaje de finura – San Gaban



Nota: En el diagrama de barras se compara el porcentaje de finura de los cementos almacenados con protección y sin protección de polietileno en San Gaban.

Figura 10

Comparación del porcentaje de finura – Puno



Nota: En el diagrama de barras se compara el porcentaje de finura de los cementos almacenados con protección y sin protección de polietileno en Puno.



4.1.3. Asentamiento del concreto fresco

Los resultados de la trabajabilidad del concreto fresco elaborado con cemento almacenado en San Gaban y la ciudad de Puno se presentan de manera resumida en la Tabla 25 y la Tabla 26 respectivamente. En estas tablas se observa que los asentamientos del concreto fresco disminuyen a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento del cemento. Además, se evidencia que el asentamiento del concreto elaborado con cemento sin protección adicional de polietileno experimenta una reducción más significativa en comparación con el asentamiento del concreto elaborado con cemento con protección de polietileno. En el caso más crítico, que corresponde a los 120 días en el distrito de San Gaban, se observa que el asentamiento del concreto elaborado con cemento sin protección es $S= 0''$, mientras que los asentamientos del concreto elaborado con cemento protegido son $S= 2.17''$. Para la ciudad de Puno, en el mismo periodo, los valores son $S= 2.64''$ y $S= 3.03''$ respectivamente.

Tabla 25

Asentamiento del concreto fresco – San Gaban

PERIODO DE ALMACENAMIENTO	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO - SAN GABAN (IN)	
	CON PROTECCIÓN	SIN PROTECCIÓN
30 DÍAS	3.78	2.91
60 DÍAS	3.23	2.56
90 DÍAS	2.83	1.42
120 DÍAS	2.17	-

Nota: La tabla muestra el asentamiento del concreto fresco por periodo de almacenamiento del cemento.

Tabla 26

Asentamiento del concreto fresco – Puno

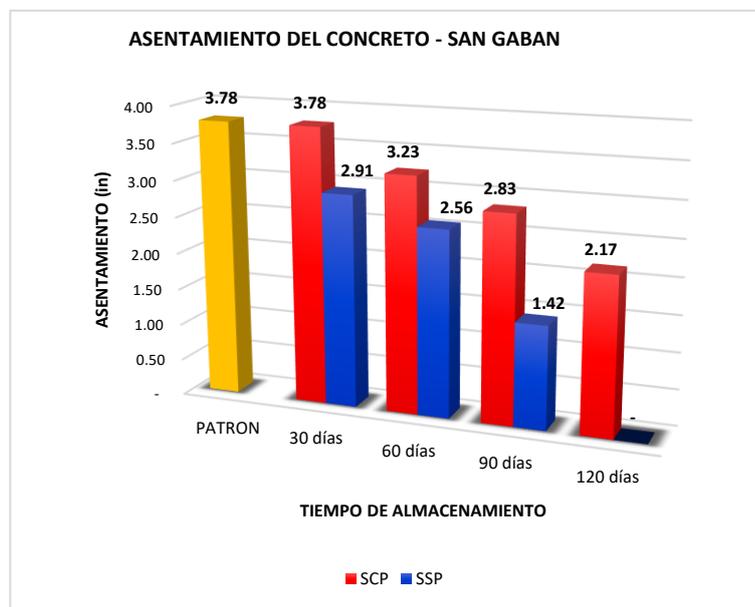
PERIODO DE ALMACENAMIENTO	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO - CIUDAD DE PUNO	
	CON PROTECCIÓN	SIN PROTECCIÓN
30 DÍAS	3.78	3.78
60 DÍAS	3.78	3.27
90 DÍAS	3.35	3.15
120 DÍAS	3.03	2.64

Nota: La tabla muestra el asentamiento del concreto fresco por periodo de almacenamiento del cemento.

En la Figura 11 y la Figura 12 se presenta la comparación del asentamiento del concreto fresco elaborado con cementos sin y con protección de polietileno de acuerdo al tiempo de almacenamiento del distrito de San Gaban y la ciudad de Puno respectivamente.

Figura 11

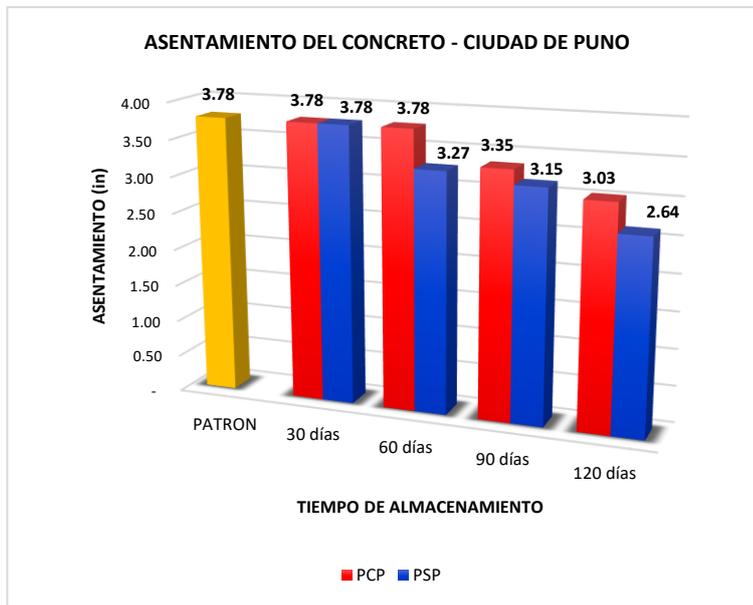
Asentamiento del concreto fresco – San Gaban



Nota: En el diagrama de barras se compara el asentamiento del concreto fresco por periodo de almacenamiento del cemento.

Figura 12

Asentamiento del concreto fresco – Puno



Nota: En el diagrama de barras se compara el asentamiento del concreto fresco por periodo de almacenamiento del cemento.

4.1.4. Resistencia a la compresión del concreto

Los valores obtenidos de la $f'c$ del concreto endurecido elaborado con cemento almacenado en el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno se resumen en la Tabla 27 y la Tabla 28 respectivamente. Estas tablas presentan la $f'c$ de la muestra patrón, así como las muestras con cementos almacenados tanto con y sin protección de polietileno. Cada muestra fue sometida a ensayos con seis especímenes: tres a los siete días de curado y tres a los veintiocho días de curado.

En el distrito de San Gaban, los resultados de $f'c$ del concreto endurecido elaborado con cemento almacenado durante 120 días y sin protección indican $f'c=83.79$ kg/cm², mientras que con protección de polietileno el resultado fue de $f'c= 151.23$ kg/cm².

En la localidad de Puno, los resultados de $f'c$ del concreto endurecido elaborado con cemento almacenado durante 120 días y sin protección indican

$f'c=167.77$ kg/cm², mientras que con protección de polietileno el resultado fue de $f'c= 189.17$ kg/cm².

Tabla 27*Capacidad de resistir a la compresión del concreto – San Gaban*

MUESTRA	F' C (kg/cm ²) – SAN GABAN							
	F' C A 7 DÍAS			PROMEDIO (kg/cm ²)	F' C A 28 DÍAS			PROMEDIO (kg/cm ²)
	E1	E2	E3		E4	E5	E6	
PATRON	128.48	131.30	132.20	130.66	228.70	227.30	226.96	227.65
SCP - M1	126.78	125.00	124.77	125.52	226.83	225.40	226.10	226.11
SSP - M1	74.44	72.60	72.40	73.15	180.10	183.70	178.20	180.67
SCP - M2	108.90	106.10	108.60	107.87	199.20	198.10	200.60	199.30
SSP - M2	65.36	61.69	65.06	64.04	162.30	160.70	163.80	162.27
SCP - M3	94.12	96.16	95.48	95.25	179.60	181.30	180.70	180.53
SSP - M3	40.07	42.57	42.28	41.64	102.10	105.90	104.31	104.10
SCP - M4	53.74	55.76	54.16	54.55	150.70	149.90	153.10	151.23
SSP - M4	33.71	34.07	35.02	34.27	83.70	85.28	82.40	83.79

Nota. Donde SCP = San Gaban con protección, SSP= San Gaban sin protección, M= mes, E= espécimen.

Tabla 28*Capacidad de resistir a la compresión del concreto – Puno*

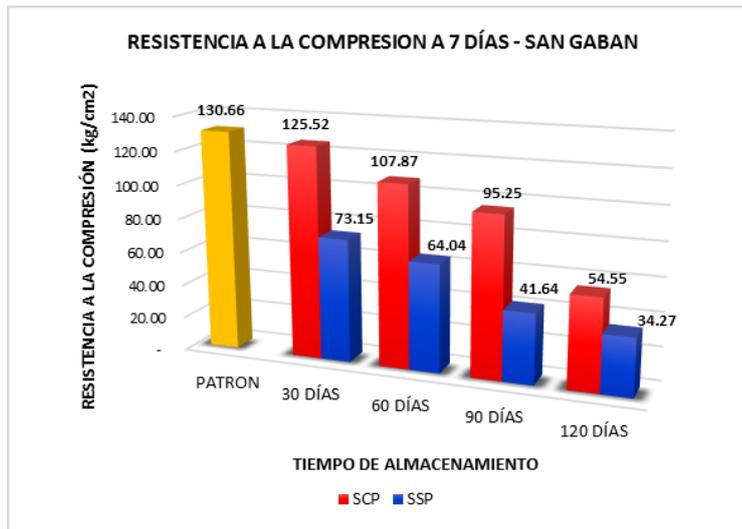
MUESTRA	F' C (kg/cm ²) - PUNO							
	F' C A 7 DIAS			PROMEDIO	F' C A 28 DÍAS			PROMEDIO
	E1	E2	E3		E4	E5	E6	
PATRON	128.48	131.30	132.20	130.66	228.70	227.30	226.96	227.65
PCP - M1	128.30	128.20	126.48	127.66	228.10	226.80	226.70	226.70
PSP - M1	128.48	126.30	125.00	126.59	228.30	225.96	225.74	226.67
PCP - M2	126.20	127.50	125.78	126.49	227.12	226.89	225.46	226.49
PSP - M2	124.92	124.81	125.30	125.01	208.60	210.00	210.30	209.63
PCP - M3	116.40	115.20	113.70	115.10	212.40	210.48	214.20	212.36
PSP - M3	112.10	110.60	102.20	108.30	200.60	190.90	202.20	197.90
PCP - M4	80.25	79.03	80.40	79.89	189.70	186.90	190.90	189.17
PSP - M4	78.93	77.29	77.40	77.87	168.40	165.30	169.60	167.77

Nota: Donde PCP= Puno con protección, PSP= Puno sin protección, M= mes, E= espécimen.

En la Figura 13,14 y la Figura 15,16 se expone el análisis de la $f'c$ de la muestra patrón con las muestras con cementos almacenados con y sin protección de polietileno del distrito de San Gaban y la ciudad de Puno respectivamente.

Figura 13

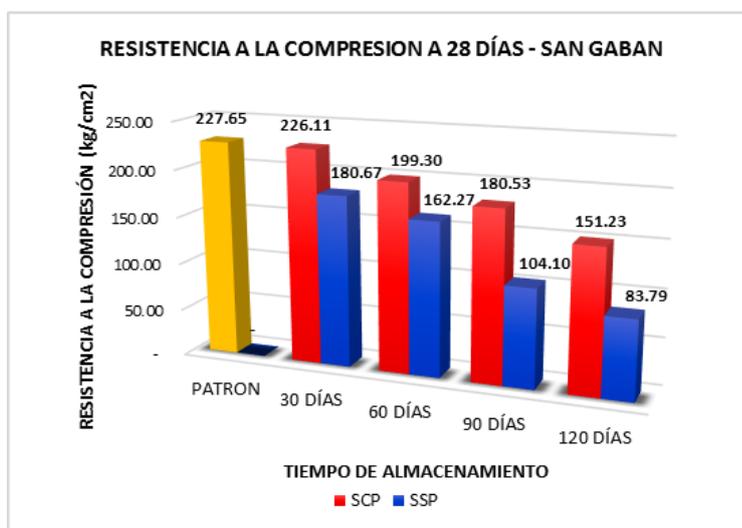
Capacidad de resistir a la compresión del concreto a los 7 días – San Gaban



Nota: En el diagrama de barras se compara la $f'c$ a los 7 días de los cementos almacenados con protección y sin protección de polietileno.

Figura 14

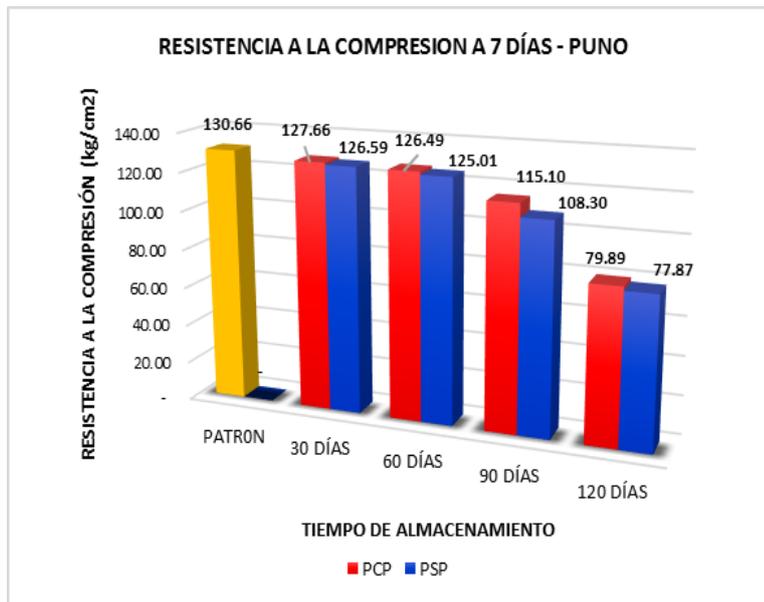
Capacidad de resistir a la compresión del concreto a los 28 días – San Gaban



Nota: En el diagrama de barras se compara la $f'c$ a los 28 días de los cementos almacenados con protección y sin protección de polietileno.

Figura 15

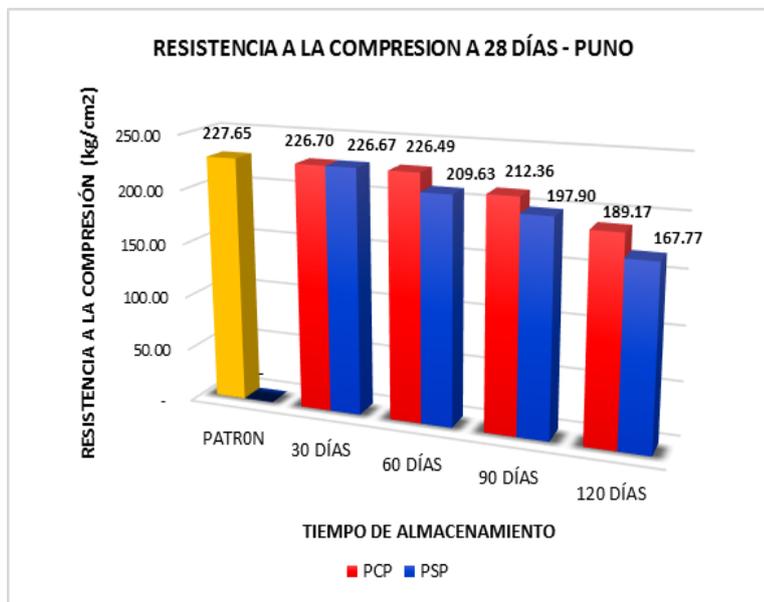
Capacidad de resistir a la compresión del concreto a los 7 días – Puno



Nota: En el diagrama de barras se compara la f'_c a los 7 días de los cementos almacenados con protección y sin protección de polietileno.

Figura 16

Capacidad de resistir a la compresión del concreto a los 28 días – Puno



Nota: En el diagrama de barras se compara la f'_c a los 28 días de los cementos almacenados con protección y sin protección de polietileno.



4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.2.1. Análisis de la finura del cemento en función de la humedad relativa del ambiente.

A partir del análisis de la relación entre la finura del cemento y la humedad relativa del ambiente, se concluye que el porcentaje de finura disminuye significativamente cuando el cemento se expone a condiciones de alta humedad durante períodos prolongados. Este fenómeno es más evidente en el distrito de San Gaban, donde la humedad relativa ($HR = 88.10\%$) es considerablemente mayor que en la ciudad de Puno ($HR = 36\%$), resultando en una disminución más pronunciada de la finura del cemento.

El análisis comparativo se realizó entre la finura del cemento fresco (almacenado durante 7 días desde su fabricación) y la finura de los cementos almacenados para la investigación. En el escenario más crítico, a los 120 días en el distrito de San Gaban, la finura del cemento con protección de polietileno disminuyó en un 40.12% en comparación con la muestra patrón, mientras que sin protección de polietileno experimentó una disminución del 100% . Para la ciudad de Puno, a los 120 días, la finura del cemento con protección de polietileno disminuyó en un 7.1% en relación con la muestra patrón, y sin protección de polietileno disminuyó en un 29.64% .

Los detalles sobre la pérdida del porcentaje de finura del cemento en función del tiempo de almacenamiento se exponen en la Tabla 29 y la Tabla 30 donde se expone la pérdida de finura del cemento por periodo de almacenamiento y condición de protección.

Tabla 29*Perdida de la finura del cemento- San Gaban.*

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	% HUMEDAD RELATIVA	EFEECTO	PERDIDA DE LA FINURA DEL CEMENTO- SAN GABAN (%)
Con protección			
30 días	88.10	se mantiene	0
60 días	88.10	disminuye	-4.1
90 días	88.10	disminuye	-13.3
120 días	88.10	disminuye	-40.12
Sin protección			
30 días	88.10	disminuye	-11.34
60 días	88.10	disminuye	-32.56
90 días	88.10	disminuye	-82.78
120 días	88.10	disminuye	-100

Nota: Se muestra la pérdida del porcentaje de finura de los cementos almacenados - San Gaban.

Tabla 30*Perdida de la finura del cemento- ciudad de Puno*

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	% HUMEDAD RELATIVA	EFEECTO	PERDIDA DE FINURA DEL CEMENTO – PUNO (%)
Con protección			
30 días	36	se mantiene	0
60 días	36	se mantiene	0
90 días	36	disminuye	-1.8
120 días	36	disminuye	-7.1
Sin protección			
30 días	36	se mantiene	0
60 días	36	disminuye	-2.54
90 días	36	disminuye	-5.44
120 días	36	disminuye	-29.64

Nota: Se muestra la pérdida del porcentaje de finura de los cementos almacenados - Puno.



4.2.2. Análisis del asentamiento del concreto fresco en función del porcentaje de finura del cemento.

Se llevó a cabo un análisis del asentamiento del concreto fresco y su relación con el porcentaje de finura del cemento almacenado, revelando una disminución en la trabajabilidad del concreto a medida que decrece la finura del cemento almacenado.

Se procedió a comparar los resultados de asentamiento de la muestra patrón con aquellos obtenidos de las muestras elaboradas con cementos almacenados. En la situación más crítica, a los 120 días en el distrito de San Gaban, el asentamiento del concreto fresco fabricado con cemento protegido con polietileno experimentó una disminución del 42.71 % en relación con la muestra patrón, mientras que sin protección de polietileno presentó una disminución del 100%. En la ciudad de Puno, a los 120 días, el asentamiento del concreto fresco elaborado con cemento protegido con polietileno disminuyó en un 19.79 % respecto a la muestra patrón, y sin protección de polietileno disminuyó en un 30.21%.

Los detalles sobre la pérdida de la trabajabilidad del concreto fresco elaborado con cementos almacenados en el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno se exponen en la Tabla 31 y la Tabla 32, respectivamente. Donde se indica el porcentaje de finura del cemento almacenado y su respectiva pérdida de trabajabilidad del concreto fresco por cada periodo de tiempo y el tipo de almacenamiento.

Tabla 31*Perdida en porcentaje de la trabajabilidad del concreto – San Gaban*

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	% DE FINURA		PERDIDA DE LA TRABAJABILIDAD – SAN GABAN (%)
	DEL CEMENTO	EFEECTO	
Con protección			
30 días	100	se mantiene	0
60 días	95.9	disminuye	-14.58
90 días	86.7	disminuye	-25.00
120 días	59.88	disminuye	-42.71
Sin protección			
30 días	88.66	disminuye	-22.92
60 días	67.44	disminuye	-32.29
90 días	17.22	disminuye	-62.50
120 días	0	disminuye	-100.00

Nota: Se muestra la pérdida de la trabajabilidad del concreto - San Gaban.

Tabla 32*Perdida en porcentaje de la trabajabilidad del concreto – Puno*

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	% DE FINURA		PERDIDA DE LA TRABAJABILIDAD – CIUDAD DE PUNO (%)
	DEL CEMENTO	EFEECTO	
Con protección			
30 días	100.00	se mantiene	0
60 días	100.00	se mantiene	0
90 días	98.20	disminuye	-11.46
120 días	92.90	disminuye	-19.79
Sin protección			
30 días	100.00	se mantiene	0
60 días	97.46	disminuye	-13.54
90 días	94.56	disminuye	-16.67
120 días	70.36	disminuye	-30.21

Nota: Se muestra la pérdida de la trabajabilidad del concreto - Puno.



4.2.3. Análisis de la resistencia a la compresión del concreto en función del porcentaje de finura del cemento.

Se analizó los resultados de $f'c$ del concreto y su relación con el porcentaje de finura del cemento almacenado, evidenciando que a medida que disminuye la finura del cemento almacenado, también decrece la $f'c$ del concreto.

Se procedió a comparar los resultados de $f'c$ de la muestra patrón con los obtenidos de las muestras elaboradas con cementos almacenados.

En el escenario más crítico, a los 120 días en San Gaban, la $f'c$ del concreto endurecido elaborado con cemento protegido con polietileno disminuyó en un 33.57 % respecto a la muestra patrón, mientras que sin protección de polietileno disminuyó en un 63.19%. En la ciudad de Puno, a los 120 días, la $f'c$ del concreto endurecido preparado con cemento protegido con polietileno disminuyó en un 16.91% respecto a la muestra patrón, y sin protección de polietileno disminuyó en un 26.31%.

Los detalles sobre la pérdida de $f'c$ del concreto endurecido preparado con cementos almacenados en el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno se presentan en la Tabla 33 y la Tabla 34, respectivamente. Donde se expone el tiempo de almacenamiento del cemento, el porcentaje de finura del cemento almacenado, su efecto sobre la $f'c$ del concreto y el tipo de almacenamiento con protección de polietileno y sin protección de polietileno.

Tabla 33*Perdida en porcentaje de la $f'c$ del concreto – San Gaban*

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	% DE FINURA DEL CEMENTO	EFEECTO	PERDIDA DE LA $F'c$ – SAN GABAN (%)
Con protección			
30 días	100	disminuye	-0.68
60 días	95.9	disminuye	-12.45
90 días	86.7	disminuye	-20.70
120 días	59.88	disminuye	-33.57
Sin protección			
30 días	88.66	disminuye	-20.64
60 días	67.44	disminuye	-28.72
90 días	17.22	disminuye	-54.27
120 días	0	disminuye	-63.19

Nota: Análisis para el distrito de San Gaban.

Tabla 34*Perdida en porcentaje de la $f'c$ del concreto – Puno*

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	% DE FINURA DEL CEMENTO	EFEECTO	PERDIDA DE LA $F'c$ – PUNO (%)
Con protección			
30 días	100	disminuye	-0.42
60 días	100	disminuye	-0.51
90 días	98.20	disminuye	-6.72
120 días	92.90	disminuye	-16.91
Sin protección			
30 días	100	disminuye	-0.43
60 días	97.46	disminuye	-7.92
90 días	94.56	disminuye	-13.07
120 días	70.36	disminuye	-26.31

Nota: Análisis realizado para la ciudad de Puno.

4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

En el presente estudio, debido a que la cantidad de datos es inferior a 50, se optó por emplear la prueba estadística de Shapiro–Wilk para comprobar la normalidad de los valores resultantes. Asimismo, se estableció un nivel de confianza del 95%, lo que se traduce en un índice de significancia de 0.05.

El criterio de decisión aplicado es el siguiente:

- Si el P-valor < 0.05 : se admite la hipótesis alterna.
- Si el P-valor > 0.05 : se admite la hipótesis nula.

Los valores obtenidos de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indicaron que el P-valor obtenido es mayor a 0.05. En consecuencia, se procedió a emplear la estadística paramétrica mediante la prueba de coeficiente de correlación de Pearson.

Tabla 35

Valores del coeficiente Pearson

MAGNITUD DE COEFICIENTE R	SIGNIFICADO
1.00	Correlación positiva perfecta.
0.90	Correlación positiva muy fuerte.
0.75	Correlación positiva considerable.

Nota: Extraído de metodología de la investigación (Hernández et al. 2014).

4.3.1. Prueba de normalidad - asentamiento del concreto fresco

– **Formulación de hipótesis**

Ho: Los datos de asentamiento del concreto fresco tienen una distribución normal.

Ha: Los datos de asentamiento del concreto fresco no tienen una distribución normal.

Tabla 36*Normalidad para el asentamiento del concreto fresco*

VARIABLE	SHAPIRO WILK		
	Estadístico	gl.	sig.
Asentamiento del concreto fresco – San Gaban	0.919	8	0.420
Asentamiento del concreto fresco - Puno	0.899	8	0.282

Nota: Los resultados estadísticos fueron hallados por el programa SPSS.

– Conclusión

Debido a que el P-valor supera 0.05, se valida la hipótesis nula, indicando que los datos de asentamiento del concreto fresco siguen una distribución normal. Como consecuencia, se opta por emplear la estadística paramétrica a través de la prueba de correlación de Pearson.

4.3.2. Correlación de Pearson - asentamiento del concreto fresco**– Formulación de hipótesis**

Ho: La trabajabilidad del concreto fresco no disminuye a menor porcentaje de finura del cemento almacenado.

Ha: La trabajabilidad del concreto fresco disminuye a menor porcentaje de finura del cemento almacenado.

Tabla 37*Correlación de Pearson*

VARIABLE	CORRELACIÓN DE PEARSON		
	r	N	sig. (bilateral)
Asentamiento del concreto fresco – San Gaban	0.968	8	0.000
Asentamiento del concreto fresco - Puno	0.844	8	0.008

Nota: Los resultados estadísticos fueron hallados por el programa SPSS.

– **Conclusión**

Dado que el P-valor es inferior a 0.05, se respalda la hipótesis alterna, que sostiene que la trabajabilidad del concreto fresco disminuye a menor porcentaje de finura del cemento almacenado. El coeficiente de Pearson para San Gaban, $r = 0.968$, y para Puno, $r = 0.844$, como se indica en la Tabla 35, revela una correlación positiva muy fuerte.

4.3.3. Prueba de normalidad - resistencia a la compresión del concreto

Ho: Los datos de resistencia a la compresión del concreto tienen una distribución normal.

Ha: Los datos de resistencia a la compresión del concreto no tienen una distribución normal.

Tabla 38

Normalidad para la $f'c$ del concreto

VARIABLE	SHAPIRO WILK		
	Estadístico	gl.	sig.
F'c del concreto – San Gaban	0.950	8	0.713
F'c del concreto - Puno	0.887	8	0.217

Nota: Los resultados estadísticos fueron hallados por el programa SPSS.

– **Conclusión**

Como P-valor es mayor a 0.05 se admite la hipótesis nula, donde dice que los datos de $f'c$ del concreto tienen una distribución normal, como resultado se opta por emplear la estadística paramétrica a través de la prueba de correlación de Pearson.

4.3.4. Correlación de Pearson - resistencia a la compresión del concreto

– Formulación de hipótesis

Ho: La resistencia a la compresión del concreto No disminuye a menor porcentaje de finura del cemento almacenado.

Ha: La resistencia a la compresión del concreto disminuye a menor porcentaje de finura del cemento almacenado.

Tabla 39

Correlación de Pearson

VARIABLE	CORRELACIÓN DE PEARSON		
	r	N	sig. (bilateral)
F'c del concreto – San Gaban	0.979	8	0.000
F'c del concreto - Puno	0.898	8	0.002

Nota: Los resultados estadísticos fueron hallados por el programa SPSS.

– Conclusión

Como P-valor es igual 0.05 y es menor que 0.05, se admite la hipótesis alterna, donde dice que la f'c del concreto disminuye a menor porcentaje de finura del cemento almacenado. El valor del coeficiente de Pearson para San Gaban es $r = 0.979$ y Para Puno es $r = 0.898$, según la Tabla 35 tiene un significado de correlación positiva muy fuerte.



4.4. DISCUSIÓN

En la investigación, al analizar la finura de los cementos portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA almacenados con y sin protección adicional de polietileno durante periodos de 30, 60, 90 y 120 días en función de la humedad relativa en el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno, se observó una mayor disminución del porcentaje de finura en los cementos almacenados por periodos prolongados en el distrito de San Gaban en comparación con los almacenados en la ciudad de Puno. Asimismo, los cementos sin protección de polietileno mostraron una mayor reducción del porcentaje de finura en comparación con los protegidos con polietileno. Estos hallazgos indican una relación directa entre la humedad relativa del ambiente y la disminución del porcentaje de finura del cemento almacenado. La disminución máxima del porcentaje de finura del cemento almacenado durante 120 días sin protección en el distrito de San Gaban fue del 100%, con una humedad relativa promedio del 88.10%, y en la ciudad de Puno disminuyó en un 29.64%, con una humedad relativa promedio del 36%. Estos resultados son corroborados por Alvarado & Cortez (2018) reportaron que el cemento Portland Tipo I - marca Pacasmayo, almacenado durante 45 días, exhibe un 41% de finura con una humedad relativa del 88%. Por su parte, Aranda, Quispe & La Jara (2020) encontraron que el cemento Portland Tipo I - marca Andino, almacenado por 180 días, presenta entre 30.31% y 32.82% de grumos en la bolsa, con una humedad relativa del 82.9%. Huamaní (2018) observó que el cemento Portland Tipo I - marca Sol, almacenado por 90 días, presenta un 90% de grumos en la bolsa con una humedad relativa del 75%. Coronel (2019) informó que el cemento Portland Tipo I, almacenado por 3 meses en Chiclayo, tiene un 22% de finura. Cana & Quispe (2018) encontraron que el cemento Portland Tipo IP - marca Yura, almacenado por 6 meses, muestra un 3.51% de grumos en la bolsa con una humedad



relativa del 60%. Finalmente, Salas (2019) indicó que el cemento Portland Tipo IP - marca Rumi, almacenado por 120 días en Puno, tiene un 9.80% de finura.

Al determinar la relación entre el asentamiento - Slump del concreto fresco y el porcentaje de fineza del cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA almacenado, se empleó la prueba paramétrica correlación de Pearson, obteniendo un coeficiente "r" de 0.968 para los datos de San Gaban y un "r" de 0.844 para los datos de Puno. Estos valores indican una relación muy fuerte entre ambas variables, evidenciando que la disminución de la finura del cemento almacenado se traduce en una reducción del asentamiento del concreto fresco. Además, el P-valor es menor que 0.05 esto llevo a la negación de la hipótesis nula y a la admisión de la hipótesis del investigador, que sugiere que la trabajabilidad del concreto fresco disminuye a menor porcentaje de finura del cemento almacenado. Los resultados del asentamiento del concreto fresco elaborado con cementos portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA almacenados sin protección de polietileno durante 120 días mostraron una disminución del 100% en San Gaban y del 30.21% en Puno, estos resultados son corroborados en el estudio de Huamaní (2018), se observó que el asentamiento del concreto fresco, elaborado con cemento Portland Tipo I - marca Sol y almacenado por 90 días, disminuyó en un 24% en comparación con la muestra patrón. Por otro lado, en la investigación de Paco (2021), se constató que el asentamiento del concreto fresco, elaborado con cemento Portland Tipo MS y almacenado por 4 meses, aumentó en un 6% en relación con la muestra patrón. Asimismo, en el trabajo de Cana & Quispe (2018), se registró un incremento del 44.4% en el asentamiento del concreto fresco, elaborado con cemento Portland Tipo IP - marca Yura y almacenado por 4 meses, comparado con la muestra patrón. Por último, en la investigación de Salas (2019), se evidenció que el asentamiento del concreto fresco,



elaborado con cemento Portland Tipo IP - marca Rumi y almacenado por 120 días, disminuyó en un 41.3% respecto a la muestra patrón.

En relación con la resistencia a la compresión del concreto y su vínculo con el porcentaje de finura del cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA almacenado, la prueba paramétrica correlación de Pearson reveló un coeficiente "r" de 0.979 para los datos de San Gaban y un "r" de 0.898 para los datos de Puno. Estos valores sugieren una relación muy fuerte entre ambas variables, demostrando que la disminución de la finura del cemento almacenado se refleja en una reducción de la $f'c$ del concreto. Además, el P-valor menor que 0.05 condujo al rechazo de la hipótesis nula y a la admisión de la hipótesis del investigador, que plantea que la $f'c$ del concreto disminuye con un menor porcentaje de finura del cemento almacenado. Los resultados de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA almacenados sin protección de polietileno durante 120 días mostraron una disminución del 63.19% en San Gaban y del 26.31% en Puno, estos resultados son corroborados por Alvarado & Cortez (2018), donde se observó que la resistencia a la compresión del concreto, elaborado con cemento Portland Tipo I - marca Pacasmayo y almacenado por 45 días, disminuyó en un 55.88% respecto a la muestra patrón. Asimismo, en la investigación de Aranda, Quispe & La Jara (2020), se constató que la $f'c$ del concreto, elaborado con cemento Portland Tipo I - marca Andino y almacenado por 180 días, disminuyó en un 30.1% respecto a la muestra patrón. En el trabajo de Huamaní (2018), se registró una disminución del 20% en la resistencia a la compresión del concreto, elaborado con cemento Portland Tipo I - marca Sol y almacenado por 90 días, comparado con la muestra patrón. Gamboa (2022) evidenció que la resistencia a la compresión del concreto, elaborado con cemento Portland - marca Cemex (UG) y almacenado por 45 días, disminuyó en un 46.6% respecto a la muestra patrón. Paco (2021)



reveló que la resistencia a la compresión del concreto, elaborado con cemento Portland Tipo MS y almacenado por 4 meses, disminuyó en un 9% respecto a la muestra patrón. Coronel (2019) indicó que la resistencia a la compresión del concreto, elaborado con cemento Portland Tipo I y almacenado por 3 meses, disminuyó en un 1% respecto a la muestra patrón. Cana & Quispe (2018) reportaron una reducción del 20.26% en la resistencia a la compresión del concreto, elaborado con cemento Portland Tipo IP - marca Yura y almacenado por 4 meses, comparado con la muestra patrón. Finalmente, Salas (2019) demostró que la resistencia a la compresión del concreto, elaborado con cemento Portland Tipo IP - marca Rumi y almacenado por 120 días, disminuyó en un 15.4% respecto a la muestra patrón.

En resumen, se ha demostrado que el tiempo prolongado de almacenamiento y la exposición a la humedad relativa del ambiente del cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA inciden directamente en la disminución de la $f'c$ del concreto. Los resultados respaldan la afirmación de que a mayor humedad relativa y menor protección del cemento, se produce una reducción significativa en la finura del cemento, el asentamiento del concreto fresco y la capacidad de resistir a la fuerza de compresión.



V. CONCLUSIONES

5.1. CONCLUSIÓN GENERAL

Se ha demostrado que el prolongado periodo de almacenamiento y la exposición a la humedad relativa del ambiente del cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA tienen una influencia directa sobre la disminución de la resistencia a la compresión del concreto. Durante la ejecución del estudio, se observó la mayor disminución de la $f'c$ cuando se emplearon cementos almacenados sin protección de polietileno, sometidos a un mayor porcentaje de humedad relativa del ambiente y durante un periodo de 120 días.

5.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- Se registró la humedad relativa en el distrito de San Gaban y la ciudad de Puno mediante un higrómetro digital Elitech – GSP-6, obteniendo valores de $HR=88.10\%$ y $HR=36\%$, respectivamente. Se observa que el porcentaje de humedad relativa en San Gaban es superior al de la ciudad de Puno. Este registro se realizó durante el periodo de almacenamiento del cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA.
- El porcentaje de humedad relativa del ambiente guarda una relación directa con la finura del cemento almacenado. Aquellos cementos almacenados en condiciones de mayor humedad ambiental durante un período prolongado exhibieron una significativa disminución en el porcentaje de finura. La máxima reducción en la finura del cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA fue del 100% en el distrito de San Gaban para cementos sin protección de polietileno almacenados



- durante 120 días. En la ciudad de Puno, los cementos almacenados sin protección durante 120 días presentaron una disminución del 29.64% en el porcentaje de finura.
- Se pudo determinar que el asentamiento del concreto fresco está relacionado con el porcentaje de finura del cemento almacenado. La trabajabilidad del concreto, elaborado con cemento almacenado sin protección de polietileno durante 120 días en el distrito de San Gaban, experimentó la mayor reducción, alcanzando el 100% respecto a la muestra patrón, no presentó asentamiento (ver anexos fotográficos). Del mismo modo, la trabajabilidad del concreto elaborado con cemento almacenado sin protección de polietileno durante 120 días en la ciudad de Puno disminuyó en un 30.21% en comparación con la muestra patrón.
 - Se pudo determinar que la capacidad de resistir a la compresión del concreto guarda relación con la finura del cemento almacenado. En el caso de cementos almacenados sin protección de polietileno durante 120 días, la disminución fue del 63.19% en el distrito de San Gaban y del 26.31% en la ciudad de Puno, en comparación con una muestra patrón diseñada para una $f'c = 227.65 \text{ kg/cm}^2$, asentamiento $S=3.78''$, relación agua-cemento $a/c=0.62$. Además, se observó un comportamiento inferior en la $f'c$ a los 7 días, donde el concreto no alcanzó el 65% de $f'c$ como indica la norma, resultando en una $f'c$ del 60% al 36%, variando estos resultados según la forma y el tiempo de almacenamiento del cemento.



VI. RECOMENDACIONES

- Según los resultados obtenidos en la investigación para el cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA almacenado en la localidad de Puno, se aconseja utilizar el cemento almacenado con protección de polietileno hasta un periodo de tres meses y sin protección de polietileno hasta dos meses.
- De acuerdo con los resultados de la investigación para el cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA almacenado en el distrito de San Gaban, se sugiere emplear el cemento almacenado con protección de polietileno hasta dos meses y sin protección de polietileno hasta un mes.
- Se aconseja almacenar el cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA con protección de polietileno, ya que la investigación evidenció que la resistencia del concreto disminuye en menor medida cuando el cemento está resguardado con protección de polietileno.
- Se recomienda llevar a cabo un análisis adicional de otras características mecánicas y físicas del concreto que no se estudiaron en la investigación, utilizando concretos elaborados con cementos almacenados.
- Sería apropiado realizar una investigación que implique utilizar el cemento almacenamiento con la extracción de grumos, con la finalidad de analizar el comportamiento de concreto.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos.
- ACI 211.1 (2002). *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete*. Estados Unidos: American concrete institute.
- ACI 318. (2019). *Building code requirements for reinforced concrete*. Estados Unidos: American concrete institute.
- Alvarado, D., Cortez, P. (2018). *Influencia del tiempo de almacenamiento y Tipo de cemento en la fluidez, fraguado y compresión de morteros de asiento (tesis de pregrado)*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Andrades, M., & Muñoz C., (2012). *Fundamentos de climatología*. España: Universidad de la Rioja.
- Aragón, Y. (2021). *Análisis comparativo de la edad vs la resistencia a la compresión del concreto elaborado con las marcas de cementos Portland Tipo I-IP en la ciudad de Puno 2018 (tesis de pregrado)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Aranda, J., Quispe, A., La Jara, H. (2019). *Variación de las propiedades del cemento Portland Tipo I, almacenado en condiciones no favorables durante largos periodos*. Lima: Cementos Andino S.A.
- Arrieta, R., Medina, D. (2019). *Optimización del diseño de mezclas de concreto de alto desempeño utilizando materiales de procedencia nacional (tesis de pregrado)*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ASTM C 184 (1994). *Standard Test Method for fineness of hydraulic cement by the 150 – um (N° 100) and 75- um (N°200) sieves*. Estados Unidos: ASTM International.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación (Tercera ed.)*. Colombia: Universidad de la Sabana, Colombia.
- Boletín técnico 14. (2020). *Relación entre formación de grumos en cemento envasado y la pérdida de resistencia a compresión a 28 días*. Guatemala: Instituto del cemento y del concreto de Guatemala.
- Cana, D., & Quispe, S. (2018). *Análisis de las propiedades mecánicas del concreto aplicando cemento portland tipo IP almacenado en condiciones no favorables durante los meses más húmedos en la ciudad de Arequipa (tesis de pregrado)*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.



- Carlos, L. (2019). *Análisis comparativo de las características físico - mecánicas de los cementos comerciales Portland Tipo IP, HE y HS, en la región Arequipa (tesis de pregrado)*. Arequipa: Universidad Católica de San María.
- Colquehuanca, D. (2017). *Influencia del tiempo de mezclado en la resistencia del concreto y velocidad de fraguado en concreto normal $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (tesis de pregrado)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Coronel, C., (2019). *Propiedades físico – mecánicas de bloques de concreto hechos con cemento envejecido para su aplicación en obras civiles, Chachapoyas, Amazonas (tesis de pregrado)*. Chachapoyas: Universidad Nacional de Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Gamboa, X. (2022). *Influencia de la pre hidratación por almacenamiento y el tipo de cemento Cemex sobre el fraguado, fluidez y la compresión de morteros de construcción, Trujillo, 2019. (tesis de pregrado)*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- GIOBE. (2005). *Investigación de la atmosfera*. Estados Unidos: Global Learning and Observation to Benefit the Environment.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México: McGRAW-HILL, Interamericana editores, S.A. de C.V.
- Huamani, R. (2018). *Influencia del tiempo de almacenamiento del cemento Portland Tipo I en la resistencia, para concreto de mediana a alta resistencia. (tesis de pregrado)*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Huarcaya, A. (2019). *Análisis de las propiedades físico mecánicas de cementos Pórtland Tipo I en Lima metropolitana (tesis de pregrado)*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Lipa, F. (2019). *Análisis comparativo de la calidad de los agregados naturales de las canteras Cutimbo y Santa María - Ilave para la elaboración de concreto en la ciudad de Puno-2017 (tesis de pregrado)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Machaca, A. (2021). *Influencia de la pre hidratación y del aditivo superplastificante en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos almacenados por más de 6 meses. (tesis de pregrado)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.



- Núñez, V. (2018). *Caracterización de los productos de hidratación de cemento comercial a diferentes edades (tesis de pregrado)*. Guatemala: Universidad del valle Guatemala.
- Ortiz, J., Aguado, A., Roncero, J., Zermeno, M. (2009). *Influencia de la temperatura ambiental sobre las propiedades de trabajabilidad y microestructurales de morteros y pastas de cemento*. España: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Pachacutec, Y., & Vilca, N. (2018). *Estudio comparativo de la determinación de propiedades de resistencia en el concreto utilizando micro y nano sílice con agregados de la cantera Cutimbo – Puno (tesis de pregrado)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Paco, J., (2021). *Evaluación de la influencia del periodo de vida del cemento en el concreto en el distrito de Chiclayo-Lambayeque (tesis de pregrado)*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*. Lima-Perú: Colección del Ingeniero Civil.
- Quispe, N. (2017). *Influencia del gradiente térmico en la resistencia del concreto en la ciudad de Puno - 2017 (tesis de pregrado)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Rincon, P. (2006). *Evaluación del fenómeno de formación de grumos y/o endurecimiento prematuro en los cementos ensacados en cementos Paz del Rio S.A (tesis de pregrado)*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Salas, N. (2019). *Influencia del tiempo de almacenamiento del cemento Portland tipo IP – marca Rumi en las propiedades del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (tesis de pregrado)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá, Colombia: Bhandar editores LTDA.
- SENAMHI. (2021). *Atlas climático del departamento de Puno*. (Castro A., G. Avalos, F. Cubas, K. Correa, C. Davila, D. Marín, J. Urbiola, L. Menis, I. Trebejo, G. de la Cruz, V. Castro, P. Porras, C. Febre, C. Barreto, Y. Escajadillo, S. Sulca, L. Suca y D. Rodríguez). Proyecto Pachayatiña/Pachayachay. SENAMHI-HELVETAS-PREDES.



ANEXOS

- Anexo1: Constancia de laboratorio de construcciones
- Anexo2: Certificado de calibración del equipo de compresión simple
- Anexo 3: Certificado de calibración del higrómetro GSP-6
- Anexo 4: Ficha técnica, cemento portland puzolánico tipo IP – marca FRONTERA
- Anexo 5: Registro de Humedad relativa del ambiente
- Anexo 6: Análisis de finura del cementó almacenado
- Anexo 7: Ensayos de caracterización del agregado
- Anexo 8: Diseño de mezcla método ACI
- Anexo 9: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto
- Anexo 10: Matriz de consistencia
- Anexo11: Cuadro de operacionalización de variables
- Anexo12: Panel fotográfico



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo BESSIE NARVAEZ CARREON
identificado con DNI 4742 3727 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"INFLUENCIA DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO PORTLAND PIZOLANICO TIPO-
IP-MARCA EMPEROR SOBRE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, SEGUN LA HUMEDAD DEL
AMBIENTE EN EL DISTRITO DE SAN GABAN Y LA CIUDAD DE PUNO."

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 15 de enero del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo BESSIE NARONDO CARDENAS
identificado con DNI 47423727 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"INFLUENCIA DEL TIEMPO DE APRENDIZAJE DEL COMERCIO PORTUARIO PROLANICO TIPO 1D-MANUA FRENTE A LA DEFICIENCIA DEL CONCRETO, SEGUN LA MEMORIA DEL ANTEPROYECTO EN EL DISTRITO DE SAN GABRIEL Y LA CIUDAD DE PUNO."

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia: Creative

Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 15 de ENERO del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella