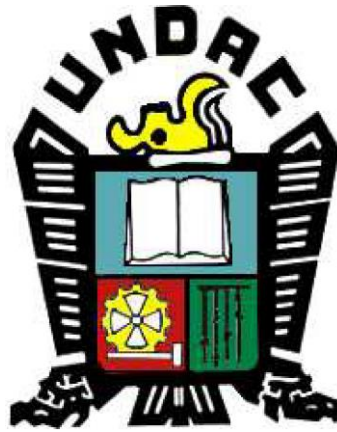


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Impacto del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas
temperaturas dosificadas con Cemento Tipo I y Cemento Pozolánico.**

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Paul Eduardo GALARZA ARTEAGA

Asesor:

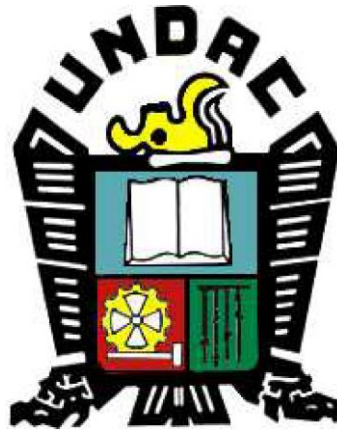
Mg. Vicente Cesar DÁVILA CÓRDOVA

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

Impacto del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con Cemento Tipo I y Cemento Pozolánico.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

PRESIDENTE

Mg. José Germán RAMIREZ MEDRANO

MIEMBRO

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA

MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 055-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Impacto del Calor de Hidratación del Concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con Cemento Tipo I y Cemento Puzolánico.

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. GALARZA ARTEAGA, Paul Eduardo

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. DÁVILA CÓRDOVA, Vicente Cesar

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Civil

Índice de Similitud

6%

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 14 de febrero del 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villar Requis Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

 Mi presente tesis la dedico principalmente a Dios, por darme la fortaleza para culminar esta meta, a mis padres Eduardo y Gloria, por todo su amor y darme la motivación para seguir hacia adelante, a mi hermano Hover, por brindarme su apoyo moral durante el proceso de las investigaciones, de los ensayos y, finalmente a mi abuela Matiaza, quien hace poco partió hacia la eternidad, lugar desde donde derrama bendiciones, me acompaña en mis caminos y es mi guía para ser mejor persona y profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi fortaleza espiritual y ser quien puso en mi existencia a mi tan maravillosa familia y a todas las personas maravillosas con las que compartí momentos inolvidables.

Agradezco también a mis docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil - UNDAC, que en mi trayectoria por las aulas de la Universidad me impartieron sus valiosos conocimientos y aconsejaron en mi desarrollo profesional, a los ingenieros que tuve la oportunidad de conocerlos y compartir en los diferentes trabajos como practicante y/o asistente, lapso en el cual aprendí mucho de sus experiencias en el ámbito laboral, todo ello fue dosificando mis aprendizajes para la elaboración de la presente investigación, para mi asesor por su apoyo y orientación en el transcurso de la realización del presente trabajo.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el impacto del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico, con la finalidad de profundizar en las teorías y verificar la veracidad de estas.

La presente investigación es de tipo aplicada pues usa métodos y técnicas aprobadas por la comunidad científica; método cuantitativo, ya que busca analizar datos medibles; diseño experimental y nivel explicativo porque analiza características particulares de las variables para explicar el fenómeno. Los análisis realizados a las muestras se tratan de ensayos de medición del calor de hidratación y ensayos de resistencia a compresión con la finalidad de encontrar el concreto con mejor comportamiento en climas fríos. Los resultados obtenidos muestran un mejor comportamiento en el concreto con cemento tipo I, resultando en todas las edades ensayadas mejores resistencias a compresión (entre 78.96% y 85.96%) como también mayor calor de hidratación en las primeras horas.

Como conclusión se obtiene que el concreto con cemento tipo I tuvo un mejor desempeño en los ensayos de temperatura y resistencia a compresión y es el más óptimo de usar en climas fríos.

Palabras clave: Cemento Puzolánico, Cemento Tipo I, Calor de Hidratación, Resistencia a la compresión.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the impact of the heat of hydration of concrete in cities with low temperatures dosed with type I cement and pozzolanic cement, with the purpose of deepening the theories and verifying their veracity.

The present research is applied because it uses methods and techniques approved by the scientific community; quantitative method, since it seeks to analyze measurable data; experimental design and explanatory level because it analyzes particular characteristics of the variables to explain the phenomenon. The analyses carried out on the samples consisted of hydration heat measurement tests and compressive strength tests in order to find the concrete with the best performance in cold climates. The results obtained show a better behavior in the concrete with type I cement, resulting in better compressive strengths (between 78.96% and 85.96%) at all ages tested, as well as higher hydration heat in the first hours.

In conclusion, the concrete with type I cement had a better performance in the temperature and compressive strength tests and is the most optimal for use in cold climates.

Keywords: Pozzolanic Cement, Type I Cement, Heat of Hydration, Compressive strength, Compressive strength.

INTRODUCCIÓN

En climas fríos como el de nuestra región, normalmente se usa el Cemento Tipo I en la preparación del concreto al cuál se llegan a adicionar algunos aditivos para mejorar sus propiedades tanto en estado fresco como en estado endurecido. Sin embargo, esta práctica normalizada se da casi por el factor costumbre o por la poca variedad de marcas y tipos de cemento que se presenta en el mercado de la región.

Es por ello que la presente investigación busca ahondar y comparar el Concreto Cemento Tipo I tradicionalmente usado en las obras de construcción de nuestra localidad con el Concreto con Cemento Puzolánico en ciertas propiedades del concreto en estado fresco y endurecido y de este modo hurgar nuevos conocimientos y nuevas posibilidades que puedan mejorar la industria de la construcción no solo en nuestra localidad, sino también en lugares de condiciones climáticas similares a la nuestra.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3.1. Problema general	4
1.3.2. Problemas específicos	4
1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO	8
2.2. BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS.....	22
2.2.1. Cementos.....	22
2.2.2. Agua para el concreto	37
2.2.3. Agregados Para El Concreto	41
2.2.4. Aditivos para el concreto	47

2.2.5. Concreto	52
2.2.6. Climas Fríos	62
2.2.7. Calor de Hidratación	65
2.2.8. Fisura.....	67
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	74
2.3.1. Ábaco	74
2.3.2. Aditivo	74
2.3.3. Aditivo acelerante	74
2.3.4. Aditivo incorporador de aire	74
2.3.5. Aditivo retardador	75
2.3.6. Agregado.....	75
2.3.7. Agregado denominado Hormigón.....	75
2.3.8. Agregado Fino.....	75
2.3.9. Agregado Grueso	75
2.3.10. Agregado liviano.....	75
2.3.11. Arena.....	75
2.3.12. Capitel.....	75
2.3.13. Carga de servicio.....	76
2.3.14. Cemento	76
2.3.15. Cemento Portland.....	76
2.3.16. Cemento Portland Puzolánico.....	76
2.3.17. Concreto	76
2.3.18. Concreto estructural	76
2.3.19. Concreto armado o reforzado.....	77
2.3.20. Concreto simple	77
2.3.21. Concreto estructural liviano	77
2.3.22. Concreto de Peso Normal	77
2.3.23. Concreto Ciclópeo.....	77
2.3.24. Concreto de Cascote.....	77
2.3.25. Concreto Premezclado	77
2.3.26. Concreto Preesforzado	78
2.3.27. Dispositivo de Anclaje	78
2.3.28. Grava.....	78
2.3.29. Junta de contracción.....	78

2.3.30. Junta de expansión	78
2.3.31. Pasta de Cemento	78
2.3.32. Plástico	79
2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	79
2.4.1. Hipótesis general	79
2.4.2. Hipótesis específicas	79
2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	80
2.5.1. Variable independiente	80
2.5.2. Variable dependiente.....	80
2.5.3. Variable interviniente.....	81
2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES	81

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	83
3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	83
3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	84
3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	84
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	85
3.5.1. Población.....	85
3.5.2. Muestra.....	85
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	85
3.6.1. Técnicas de recolección de datos	85
3.7. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	88
3.8. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	90
3.9. ORIENTACIÓN ÉTICA FILOSÓFICA Y EPISTÉMICA.....	90

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	92
4.1.1. Descripción del proyecto	96
4.1.2. Recolección de datos del proyecto.....	96
4.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	96
4.2.1. Contenido de humedad de agregados.....	98

4.2.2. Peso unitario suelto y peso unitario compactado	99
4.2.3. Peso específico y porcentaje de absorción	100
4.2.4. Diseño de mezcla	101
4.2.5. Temperatura del concreto.....	103
4.2.6. Resistencia a la compresión	107
4.2.7. Obtención de las resistencias promedio	109
4.2.8. Comparación de resistencias a compresión	110
4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	112
4.3.1. Hipótesis general.....	112
4.3.2. Hipótesis específica.....	112
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	113

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipo de cemento y valor de finura correspondiente	30
Tabla 2 Requisitos de Calidad para agua.....	39
Tabla 3 Proporciones de Ion Cloruro	40
Tabla 4 Matriz de Operacionalización de Variables	81
Tabla 5 Asentamientos según tipos de construcciones.....	92
Tabla 6 Volumen unitario de agua	93
Tabla 7 Aire atrapado en función del tamaño máximo nominal	93
Tabla 8 Contenido de aire en función de la exposición.....	93
Tabla 9 Relación agua/cemento según la resistencia.....	94
Tabla 10 Selección del volumen de agregado grueso.....	94
Tabla 11 Porcentaje de agregado fino	95
Tabla 12 Granulometría del Agregado Fino.....	97
Tabla 13 Granulometría del Agregado Grueso.....	98
Tabla 14 Contenido de humedad del agregado fino	99
Tabla 15 Contenido de humedad del agregado grueso.....	99
Tabla 16 P.U.s. y P.U.c. del agregado fino.....	100
Tabla 17 P.U.s. y P.U.c. del agregado grueso	100
Tabla 18 P.e. y absorción del agregado fino.....	101
Tabla 19 P.e. y absorción del agregado grueso	101
Tabla 20 Resumen de propiedades físicas de los agregados	102
Tabla 21 Valores de diseño con cemento tipo I.....	102
Tabla 22 Valores de diseño con cemento puzolánico.....	102
Tabla 23 Diseño de mezcla con cemento tipo I.....	103
Tabla 24 Diseño de mezcla con cemento puzolánico.....	103

Tabla 25 Medidas de la temperatura al inicio del ensayo.....	104
Tabla 26 Mediciones de temperaturas durante el fraguado con cemento tipo I.....	104
Tabla 27 Temperatura promedio con cemento tipo I	105
Tabla 28 Mediciones de temperaturas durante el fraguado con cemento puzolánico .	105
Tabla 29 Temperatura promedio con cemento puzolánico	106
Tabla 30 Resistencias a los 7 días	107
Tabla 31 Resistencias a los 14 días	108
Tabla 32 Resistencias a los 28 días	108
Tabla 33 Resistencias a los 49 días	109
Tabla 34 Resistencia promedio a los 7 días.....	109
Tabla 35 Resistencias promedio a los 14 días	109
Tabla 36 Resistencias promedio a los 28 días	110
Tabla 37 Resistencias promedio a los 49 días	110
Tabla 38 Resumen de resistencias promedio.....	110
Tabla 39 Incremento de resistencia a compresión.....	111

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Cementos en el Perú	32
Gráfico 2 Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto	54
Gráfico 3 Efectos de bajas temperaturas en la resistencia a la compresión del concreto	63
Gráfico 4 Efectos del concreto congelado en la resistencia a compresión	64
Gráfico 5 Proporciones típicas en volumen de los componentes del concreto	65
Gráfico 6 Patología contracción placa tránsito peatonal	68
Gráfico 7 Fisura de contracción en un cilindro extraído de una placa	71
Gráfico 8 Fisura por contracción placa de entrepiso	73
Gráfico 9 Esquema de diseño experimental	84
Gráfico 10 Curva granulométrica del agregado fino	97
Gráfico 11 Curva granulométrica del agregado grueso	98
Gráfico 12 Temperaturas durante el Fraguado	106
Gráfico 13 Comparación de resistencias a compresión.....	111

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Durante el proceso de hidratación del concreto se efectúan reacciones químicas exotérmicas, o sea, reacciones que liberan calor, por lo que el concreto aumenten su temperatura a la fragua inicial y al endurecer. Este incremento de temperatura es importante más aun cuando involucran grandes volúmenes de concreto, tales como pavimentos, presas, entre otros, se da cuando ocurre el fraguado y se inicia la caída de la temperatura, y produce contracción del material, que puede llevar a la formación de fisuras y grietas.

Norma NTC117 y ASTM C186 “El calor de hidratación se define como la cantidad de calor en calorías por gramo de cemento deshidratado, después de una hidratación completa a una temperatura dada. Depende de la composición del cemento y es aproximadamente igual a la suma de los calores de hidratación de los compuestos individuales”.

Si este calor de hidratación no se disipa rápidamente, podría ocurrir un incremento considerable de la temperatura del concreto. Este incremento de

temperatura puede ser peligroso, por consiguiente, después del endurecimiento, el enfriamiento no homogéneo de la masa de concreto hasta la temperatura ambiente puede producir tensiones de tracción (esfuerzos de tensión) indeseables.

El calor de hidratación del cemento es un factor muy significativo que interviene en el fraguado del concreto, está sujeta en gran medida del tipo de cemento y materiales que se usen en la mezcla, el clima, tipo de estructura, volumen; por lo que es de vital importancia controlarlo para evitar problemas en los elementos a fundir.

Al realizar investigaciones en ciudades de clima frío considerando las condiciones extremas de temperatura del concreto cuando la temperatura ambiente es inferior a 5°C, un factor importante es la ubicación de la obra y por lo tanto requiere especial atención. El pago está hecho. Selección de materiales, dimensionamiento, preparación, transporte, curado, control de calidad, conformado y decapado del concreto. Las situaciones extremas también pueden considerarse una combinación de condiciones especiales de temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento. Es necesario obtener datos históricos sobre las temperaturas ambientales máximas y mínimas en el área en construcción.

Según el ACI-306R (“Cold Weather Concreting”), “se considera clima frío si la temperatura ambiental media por más de 3 días consecutivos es menor de 5°C. Si la temperatura ambiental media se mantiene superior a 10°C ya no se considera clima frío. En el caso de las normas peruanas y otras sudamericanas consideran clima frío a aquel en que, en cualquier época del año la temperatura ambiente puede estar por debajo de 5 °C”.

A medida que el hormigón se endurece, el agua libre se convierte en hielo, aumentando de volumen y rompiendo los enlaces débiles entre las partículas sólidas de hormigón si el proceso de endurecimiento aún no ha comenzado. Asimismo, durante el proceso de curado del hormigón, las bajas temperaturas pueden reducir la actividad o reacciones químicas, que pueden reducirse considerablemente. Por todo ello, los ciclos de congelación y descongelación pueden tener un impacto significativo en la calidad final del hormigón, incluso si el proceso de curado ya ha comenzado. Los climas fríos y muy secos afectan al hormigón, provocando que la superficie se vuelva especialmente seca. La resistencia mínima es 35 kg/cm² (ACI o BS8110) para evitar una reducción significativa en la resistencia última del concreto debido a la congelación. Por ello, es muy importante proteger el hormigón con una resistencia mínima durante las primeras 24 horas. alcanzó.

El diseño de la mezcla debe desarrollarse utilizando mezclas probadas en campo en las mismas condiciones que la estructura colada in situ. Para hormigones sometidos a procesos de congelación y descongelación se deben cumplir los requisitos máximos de relación agua/cemento especificados en las tablas de las distintas normativas según la región, siendo recomendable para ello utilizar aditivos plastificantes-reductores de agua. El consumo de cemento es generalmente mayor en climas normales debido a las limitaciones de la relación a/c. Ejemplo: Para $f'c=210\text{kg/cm}^2$ la cantidad de cemento podría ser $180/0,50 = 360\text{kg/m}^3$.

1.2. Delimitación de la investigación

El presente estudio está enmarcado en:

- Analizar la patología del concreto específicamente a causa del calor de hidratación.
- Realizar una comparación del calor de hidratación del concreto utilizando el cemento tipo I y cemento puzolánico en ciudades con bajas temperatura.
- Si el uso de estos tipos de cemento después de realizar un buen diseño mezcla influye en la resistencia del concreto.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

- ¿Cuál es el impacto del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo influye el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico en la resistencia a la compresión?
- ¿Cuál es la dosificación óptima para que el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico no influyan negativamente en el fraguado inicial?
- ¿Cuáles son las probabilidades físicas del concreto fresco y como interviene el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico?
- ¿Cuál es la temperatura inicial y como interviene el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar el impacto del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico en la resistencia a la compresión.
- Determinar la dosificación óptima para que el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico no influyan negativamente en el fraguado inicial.
- Determinar las probabilidades físicas del concreto fresco y como interviene el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico
- Determinar la temperatura inicial y como interviene el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico.

1.5. Justificación de la investigación

Según el Informe de Economía de la Construcción - IEC #60 - 2022 de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), “La actividad de la construcción registró resultados positivos en octubre, aumentando un 4,2%, por debajo del 5,8% previsto según datos del INEI. . En CAPECO. Celebrada en el HEC en noviembre, la diferencia de estimaciones se debe a un aumento del 37,8% en la

construcción civil (39,8% calculado por CAPECO) y una disminución del 6,4% en el consumo de cemento (se espera que disminuya un 5,0%). En octubre, el sector de la construcción superó a la economía en general por quinto año consecutivo, convirtiéndose en el quinto sector más dinámico del mes. CAPECO estima que el PIB del sector construcción aumentará un 5,6% en noviembre, impulsado por un aumento del 48,1% en la obra pública. CAPECO estima que el PIB del sector podría crecer alrededor de un 2,7% en 2022, una cifra relativamente superior a la esperada hace unas semanas. Sin embargo, estos logros positivos sólo están respaldados por la actividad gubernamental que, como ha señalado repetidamente HEC, tiene modelos de gobernanza seriamente defectuosos que reducen el impacto sobre la producción y el empleo.

La ejecución de obras públicas y privadas sobre todo aquellas ubicadas a más de 3500 msnm. Sobre todo en aquellas obras que por sus características técnicas existan considerables volúmenes de concreto se evidencia diversas patologías que sufre el concreto tales como fisuras, como un medio de solución a este problema Mamani y Chambi (2020), “Teniendo en cuenta cómo el calor de hidratación afecta la durabilidad del hormigón a bajas temperaturas, el uso de cemento puzolánico dosificado con el cemento que se vende en Julia es un producto que beneficia al hormigón urbano a bajas temperaturas y es una de sus principales ventajas, plástico y endurecido. las grietas por contracción se reducen significativamente, se mejora la resistencia del hormigón y se mejora su resistencia a la flexión, lo que resulta en una reducción del tiempo y los costos de producción. La construcción de elementos estructurales se considera un sistema muy eficiente en muchos sentidos.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones son:

- Consideraciones climáticas y altura del lugar de aplicación de la investigación.
- Los costos de diseño y ruptura de testigos.
- La calidad de los agregados que serán de la cantera de Cochamarca.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Antecedente de investigación:

- ESTUDIO TERMODINÁMICO TEÓRICO - PRÁCTICO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE VACIADOS DE CONCRETO MASIVO A MÁS DE 4 700 m.s.n.m EN LA SIERRA DEL PERÚ - 2015, autor: Bach. Marco Andrés Zeña Vela.

Indica:

- (Zeña 2015) “Cuando se trata de concreto masivo la principal diferencia que se presenta frente a un concreto distinto, es su comportamiento térmico. Esto se debe a que, la baja conductibilidad térmica del concreto no permite que el calor generado en su interior se disipe rápidamente, causando diferenciales altos de temperatura entre la cara expuesta del elemento y el interior.
- A su vez, se presentan los diferentes métodos que se utilizan para calcular el incremento de temperatura que existe en el interior debido al

calor de hidratación del cemento. Dentro de estos métodos se presenta el que expone el ACI 207.2 para concreto masivo sin refuerzo estructural, el cual usaremos como referencia para calcular el incremento de temperatura en los elementos masivos estructurales”.

Concluye:

- (Zeña 2015) “El procedimiento del ACI 207 es un método preventivo, el cual permite tomar decisiones para definir el diseño de mezcla o el procedimiento constructivo”.
- (Zeña 2015) “Se necesita una mejor toma de datos de temperatura, tanto del microclima como las temperaturas del concreto. Actualmente, existen termocuplas las cuales pueden ser programadas desde el inicio del vaciado para medir en un rango contante”.
- (Zeña 2015) “Así como se muestra en el análisis, en uno de los casos se muestra una diferencia de temperaturas máximas alcanzadas de 27% y en el otro solo es del 6%. Esta variación se puede deber a que en el primer caso existía la presencia de un microclima, y que la lectura de las termocuplas no fue constante.
- (Zeña 2015) “Se necesita de una mayor toma de datos para poder establecer un factor de corrección según los parámetros que intervienen en el diseño y vaciado”.
- (Zeña 2015) “Se aprecia que el método es útil para calcular la temperatura máxima, sin embargo, se debe tener una buena referencia de la zona para predecir la temperatura de la superficie y con ello, el gradiente de temperatura máximo”.

- (Zeña 2015) “Del análisis de esfuerzos por gradiente térmico se obtiene un esfuerzo mayor de lo que puede resistir el concreto a tracción, lo que indicaría que probablemente se fisure. No obstante, se debe recordar que el procedimiento que indica el ACI, debe ser considerado como una aproximación debido a que el método está realizado para un concreto pobre. Estudios anteriores (Gajda, 2002) indican que el concreto reforzado puede resistir hasta un gradiente de 37°C para una resistencia a la compresión de 280 kg/cm²”.
- (Zeña 2015) “Las estructuras de concreto armado usan cementos con mayor generación de calor, agregados más pequeños, más agua, y menor control de temperatura que normalmente se usa o recomienda para el tipo de concretos masivos que se refiere la norma”.
- (Zeña 2015) “Los ábacos usados fueron obtenidos a partir de cementos de la época de la primera versión del reporte ACI 207.4R; por lo que actualmente, los cementos se desenvuelven de manera distinta y poseen otro comportamiento térmico”.
- (Zeña 2015) “Se debe tener en cuenta que se ha realizado distintas aproximaciones para adecuarlo a las condiciones comunes que se presentan en nuestro medio, tales como el microclima o los tipos de cementos comerciales, por lo que el resultado debe ser tomado como referencia”.
- (Zeña 2015) “De los gráficos, se puede decir que la relación entre volumen y área de disipación es muy importante por lo que se debe de tomar en cuenta, al momento de realizar el procedimiento de vaciado de concreto masivo. Tomar en cuenta sectorizaciones”.

- (Zeña 2015) “Un método más preciso para comprobar si los resultados son correctos, es realizar un modelo matemático usando un software que permita mostrar la evolución de la temperatura en el tiempo y considerando otras propiedades térmicas del concreto, así como, las condiciones ambientales de la zona. Dentro de estos programas de computación se pueden mencionar al ANSYS, ABAQUS, MIDAS-CIVIL, COMSOL, entre otros”.
- (Zeña 2015) “Reducir la cantidad de cemento en la mezcla, ya que así se reduciría la cantidad de calor de hidratación generado por m³. No obstante, como se trata de concreto masivo reforzado, la resistencia que alcance a los 28 días es de suma importancia, por lo que debería hacerse uso de algún aditivo para su diseño. Por ejemplo, se puede usar los aditivos reductores de agua – plastificantes porque permite mejorar la trabajabilidad en el concreto fresco, lo que facilitaría las labores de colocación, disminuiría las retracciones, y sobretodo más importante, permite reducir el agua de mezcla en el concreto produciendo incrementos en la resistencia”.
- (Zeña 2015) “Cambiar el tipo de cemento, a uno que produzca menor cantidad de calor de hidratación debido a su composición química. Entre ellos podemos escoger entre el Tipo II, IV o V; sin embargo, en nuestro mercado no están disponibles los dos primeros pero si el Tipo V. Su composición química le permite reducir la temperatura del concreto, debido a su bajo contenido de aluminato tricálcico, principal componente que incremento el calor de hidratación”.

- (Zeña 2015) “Se aprecia que en el Caso 02 – Condiciones templadas, se utilizó el cemento Tipo HE, el cual es similar al Tipo III, uno de los que generan mayor calor de hidratación. Es por esto que se alcanzan temperaturas mayores a los 70 °C permitidos. Debió realizarse un reemplazo del cemento en el diseño de mezcla”.
- (Zeña 2015) “La elección del tamaño máximo del agregado, influye en la cantidad de cemento que ingresará en la mezcla. Si ingresa menor cantidad de cemento, se generará menor calor de hidratación en la mezcla”.
- (Zeña 2015) “Reducir la temperatura inicial de los componentes del concreto por medio de métodos físicos o químicos. Esto se realiza antes de realizar la mezcla, es decir, se deben almacenar en lugares frescos de baja temperatura ambiental”.
- (Zeña 2015) “Realizar el vaciado de celdas a una velocidad adecuada, ya que el calor podrá ser liberado de una forma más rápida. Sin embargo, esta velocidad no debe ser menor que la de diseño ya que no cumpliría con el procedimiento establecidos”.
- (Zeña 2015) “Para poder alcanzar las velocidades adecuadas es recomendable usar aditivos autocompactantes para que pueda tener mayor trabajabilidad. Además, al usar este aditivo no hay la necesidad de vibrar el concreto por lo que se necesitará menor cantidad de personal trabajando en el área, por lo que el avance sería más rápido. Por ejemplo, para una mezcla convencional con un slump del orden de 2” a 3”, se le puede añadir el autocompactante y puede producir asentamientos del orden de 6” a 8” sin alterar la relación Agua/Cemento”.

- (Zeña 2015) “El desencofrado debe realizarse cuando las temperaturas del interior y de la superficie sean similares, es decir cuando el elemento alcance una temperatura estable. En campo se puede determinar la temperatura estable, con el uso de las termocuplas”.
- (Zeña 2015) “Cuando se usa un microclima se puede controlar la temperatura del interior del concreto haciendo uso adecuado de los dragones. Se puede controlar la temperatura del microclima y mantener en una temperatura estable que no exceda lo recomendado”.
- (Zeña 2015) “Es importante que en elementos de concreto masivo exista por lo menos cuatro termocuplas que midan las temperaturas del centro y de una capa cercana a la superficie en contacto con el exterior”.
- (Zeña 2015) “El uso del microclima permite controlar el gradiente de temperatura con mayor facilidad, ya que se puede ir manejando la temperatura con el uso de los dragones. También se puede utilizar mantas térmicas para evitar la pérdida de calor.
- “ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $f'c = 280$ KG/CM² EN LA REGIÓN DEL CUSCO - 2018”, autor: Bach. Luna Paro Sergio Kevin y Bach. Zevallos Rado Giancarlos Jorge.

Indica:

- (Luna - Zeballos – 2022), “El desempeño de las resistencias mecánicas a corto plazo en un diseño de concreto lanzado o shotcrete $f'c = 280$ kg/cm² dosificado con los principales tipos de cementos de uso más difundido en el mercado para la producción industrial de concreto

premezclado en la región del Cusco Yura IP y Yura HE. Para el desarrollo de la investigación, se analizó la resistencia inicial y temprana sobre paneles cuadrados proyectados con una mezcla de shotcrete usando los dos tipos de cementos IP y HE a través de ensayos de penetrómetro pocket sobre los paneles, así como de compresión simple en testigos cilíndricos de 2” x 4” extraídos de los paneles proyectados”.

Concluye:

- (Luna - Zeballos – 2022), “El desempeño diferenciado del comportamiento del shotcrete o concreto lanzado elaborado con cemento yura tipo HE y cemento yura tipo IP, Los resultados obtenidos muestran para una resistencia temprana un comportamiento más rápido de manifestación de esta propiedad en el shotcrete dosificado con cemento yura tipo HE, mientras que los resultados obtenidos con cemento yura tipo IP muestran una respuesta más lenta de la resistencia temprana del concreto lanzado; en efecto antes de las 24 horas la resistencia temprana con el cemento yura HE es de 3.13% mayor a la resistencia ofrecida por el concreto dosificado con el cemento yura tipo IP”.
- (Luna - Zeballos – 2022), “Los resultados observados después de las 24 horas (edad del concreto 01 día) es de 20.20% mayor al concreto dosificado con cemento yura tipo IP”.
- (Luna - Zeballos – 2022), “Así mismo, la resistencia a corto plazo a edades de 3 y 7 días observados nos da resultados de 17.05% mayor para el concreto lanzado dosificado con cemento yura tipo HE a los 3 días y de 18.68% para el concreto lanzado con cemento yura tipo he, ambos mayores al concreto dosificado con cemento yura IP”

- (Luna - Zeballos – 2022), “La experiencia adquirida durante el manipuleo de repetidas pruebas previas con diferentes dosificaciones en cancha de este tipo de concreto, tanto con el cemento yura tipo HE y el cemento yura tipo IP , permite la observación del desempeño del concreto lanzado o shotcrete para condiciones medioambientales, de temperatura, humedad, entre otros en la región del cusco para su uso, permite dar sugerencias respecto al desarrollo del calor de hidratación que se desarrolla dentro del concreto en el proceso de fraguado, la cohesión y adherencia del concreto shotcrete en estudio lanzado experimentalmente sobre un sustrato vertical in situ”.
- (Luna - Zeballos – 2022), “Cabe indicar que el método de aplicación para de este tipo de concreto en obra elegido es el de vía húmeda, con la utilización de equipos electromecánicos, con características específicas para este tipo de trabajo, la elección de este método radica en sus ventajas con el control de la dosificación asegurando la calidad, bajo rebote en la proyección, baja contaminación en la zona de trabajo , y los nuevos equipos se adaptan mejor a la proyección de altos volúmenes, producto de ello se sugiere la utilización del método utilizado en esta investigación por ser adecuado para las condiciones de nuestra región”.
- “ANÁLISIS DEL CALOR DE HIDRATACIÓN RELACIONADO A LA RESISTENCIA DEL CONCRETO USANDO ADITIVO PLASTIFICANTE RETARDANTE EN TEMPERATURAS DE 35°C Y 40°C”, autor: Bach. Angulo Pinedo Willy Enrique y Bach. Torres Reynoso Christian Eduardo.

Indica:

- (Angulo - Torres – 2019), “El determinar la influencia que tiene el calor de hidratación en la resistencia del concreto elaborado con el aditivo Plastiment TM-12 para su uso en zonas que registren temperaturas de 35°C y 40°C. Los diseños a estudiar fueron seis, dos de diseño patrón y cuatro de diseños experimentales, incorporando aditivo retardante de fragua Plastiment TM-12 con cemento Pacasmayo tipo I, contando con 128 testigos de concreto de 15.3 x 30cm, siendo doce por cada diseño patrón, doce por cada diseño experimental y 8 para el registro de temperaturas. La presente investigación es de tipo cuantitativo, de nivel aplicada y de diseño experimental, adoptando como técnica de recolección de datos la observación, así como también fichas técnicas, teniendo como resultado que el calor de hidratación en los 4 primeros días presenta un máximo de 37.7C° para una temperatura de 35C° y 42.6C° para una temperatura de 40C°, siendo este un factor indispensable en la resistencia del concreto, ya que a mayor temperatura menor será la resistencia final del concreto”.

Concluye:

- (Angulo - Torres – 2019), “El calor de hidratación alcanza la temperatura máxima a los 3 días después de moldeado las probetas siendo el máximo valor el diseño sin aditivo y sin curado con una temperatura de 38.5°C para la caja de 35°C y una temperatura de 43.4°C para la caja de 40°C, siendo 41.5% mayor que las probetas de diseño patrón. Las resistencias alcanzadas muestran que para el diseño sin aditivo y sin curado a los 3 primeros días en cajas de 35°C la resistencia es un 36.6% mayor a las de

diseño patrón, pero a los 28 días la resistencia es un 22.88% menor a la del patrón, esta no alcanza a su resistencia de diseño, en la caja de 40°C la resistencia a los 3 primeros días es de 18.24% mayor a las del patrón, pero a los 28 días la resistencia es un 29% menor a la del patrón. Con esto se puede afirmar la hipótesis general que el calor de hidratación influye en la resistencia del concreto”.

- (Angulo - Torres – 2019), “En la tabla 22 se puede observar que el aditivo Plastiment TM-12 retrasa el tiempo de fraguado obteniendo así que para el diseño sin aditivo el tiempo es de 8h mientras que para el diseño con aditivo es de 16h siendo un 100% mayor. También se observa que para una temperatura de 35°C el tiempo es de 6h para un diseño sin aditivo y 12h para diseño con aditivo; para una temperatura de 40°C el tiempo es de 5h para diseño sin aditivo y 10.5h para diseño con aditivo, siendo ambos 100% superior”.
- (Angulo - Torres – 2019), “El curado en las probetas demuestra que reduce la temperatura en un 6.75% para una temperatura de caja de 35°C, y en un 7.14% para la caja de 40°C, todo esto en los 3 primeros días donde se presenta la mayor temperatura por el calor de hidratación del concreto”.
- (Angulo - Torres – 2019), “El aditivo Plastiment TM-12 tiene efectos positivos en la resistencia final del concreto (28 días) siendo este 16.7% superior al diseño sin aditivo, pero hasta los 3 primeros días este tiene un efecto negativo ya que reduce la resistencia en un 8.7% en comparación con el diseño sin aditivo”.

- “ANÁLISIS DETERMINACIÓN DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DE LOS CEMENTOS ARGENTINOS CON CALORÍMETRO ADIABÁTICO”, autor: Ing. Miretzky Bernardo – Argentina.

Indica:

- (Miretzky – 1946), “El calor de hidratación es una propiedad ligada notablemente a la estabilidad técnica del cemento portland y en especial a su constitución química”.
- (Miretzky – 1946), “El cemento durante el fraguado y el endurecimiento desarrolla calor; en las construcciones de dimensiones corrientes, por el efecto de radiación este calor se disipa rápidamente sin provocar fuertes aumentos de temperatura en los elementos del hormigón”.
- (Miretzky – 1946), “Solamente cuando se trata de construcciones constituidas por grandes masas de hormigón como por ejemplo en los diques, en los fundamentos macizos de grandes construcciones, etc. el calor desprendido por el cementose resiste a repartirse tan fácilmente y la temperatura puede elevarse notablemente trayendo consigo la dilatación de la masa”.
- (Miretzky – 1946), “Ulteriormente, cuando la temperatura baja, la masa se contrae comenzando por las superficies exteriores, de donde nacen las tensiones que provocan las fisuras, el agua puede penetrar y durante las heladas provocar la disgregación del hormigón. por otra parte, el desprendimiento de calor, puede presentar ventajas; así facilita el hormigonado en zonas frías; el calor desarrollado permite que el fraguado y endurecimiento se realice normalmente”.

Concluye:

- (Miretzky – 1946), “(Miretzky – 1946), “Determino prácticamente el calor desarrollado por la hidratación de cementos de Industria Argentina. Además, hemos relacionado con que aproximación puede calcularse a partir de datos tabulados el calor que desarrollan por hidratación los cementos nacionales. Se nos hacía evidente, que no es dable aplicar exclusivamente un cálculo teórico para determinar el calor de hidratación, ya que estos cálculos teóricos, se basan, en una composición química ideal, que solo se consigue en determinados cementos perfectamente estudiados o preparados en laboratorios especializados. Se entiende que la industria argentina del cemento, que trabaja con cifras de producción del orden de las 2750 toneladas diarias, de cemento, no puede lanzar al mercado, productos que son en todo momento de las mismas características químicas y físico mecánicas”.
- (Miretzky – 1946), “(Miretzky – 1946), “Ya que, si bien se mantienen dentro de límites muy estrechos las composiciones químicas en sus fórmulas porcentuales, los componentes químicos varían continuamente en función de la marcha de cada horno, del material empleado en la elaboración, del estacionamiento etc. Es por ello que acompañamos un gráfico en el que destacamos que para las primeras 72 horas del fraguado, el calor desarrollado, prácticamente, en condiciones adiabáticas por el cemento en pastas puras, morteros u hormigones es el 55 a 62% del que desarrollaría teóricamente por la hidratación total y según dos tipos de cálculo basados en las tabla N° 1 y 2 es decir según Boguey el otro según el análisis porcentual”.

- (Miretzky – 1946), “(Miretzky – 1946), “Se observa además en el grafico que cuanto mayor es el calor de hidratación de un cemento más alto es el porcentaje de calorías desarrolladas en las primeras 72 horas y puede verse que es prácticamente una paralela la curva que corresponde al calor de hidratación determinado por nosotros en las primeras 72 horas del fraguado y el que teóricamente debería desarrollar. Como ejemplo notamos que en un cemento de muy alto calor de hidratación -cemento de alta resistencia inicial ensayo N°15 el porcentaje de calorías desarrolladas en 17 horas ya es el 85 a del teórico según la tabla 1 o el 68.2 % según la tabla 2”.
- “ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS DE ENTRADA EN EL ANÁLISIS TERMO-QUIMIO-MECÁNICO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN MASA”, autor: Ing. Yaiza Lafuente Rego – Barcelone.

Indica:

- (Lafuente – 2017), “La respuesta termo-mecánica a edades tempranas es una cuestión clave en el diseño de estas estructuras masivas de hormigón. En la tecnología del hormigón, el agrietamiento es un gran motivo de preocupación, y es principalmente asociado con los efectos térmicos y la retracción, particularmente a temprana edad. A medida que se empieza a producir el proceso de hidratación del cemento, se produce una considerable cantidad de calor que aumenta la temperatura de la pasta de cemento o del hormigón. Este calor de hidratación desarrolla un aumento sustancial en la temperatura de estructuras masivas de hormigón debido a la mala disipación del calor de los ambientes que las

rodean. Posteriormente, la velocidad de generación de calor se ralentiza, el hormigón se empieza a enfriar y se contrae. Existe un riesgo de que estos gradientes térmicos produzcan grietas en las estructuras debido a la restricción total o parcial al movimiento de las estructuras que inducen tensiones de compresión y tracción. En las estructuras masivas de hormigón, son las tensiones de tracción las que provocan las fisuras cuando esta tensión supera la resistencia a tracción del hormigón. Esto podría resultar en daño estructural incluso antes de que la estructura se cargue y podría afectar significativamente la durabilidad y el estado de servicio de construcciones masivas de hormigón reforzado”.

Concluye:

- (Lafuente – 2017), “Esta respuesta termo-mecánica a edades tempranas es una cuestión clave en el diseño de los cubípodos. Especialmente en el centro de los mismos, debido al calor liberado por la hidratación del hormigón (reacción exotérmica), la temperatura puede alcanzar valores demasiado elevados y dañar el hormigón ya endurecido por la formación de fisuras asociadas a altas tensiones”.
- (Lafuente – 2017), “En cuanto a la respuesta térmica, el modelo permite utilizar una variación sinusoidal de la temperatura exterior pero como no se dispone de información de los valores máximos y mínimos medios mensuales se ha adoptado una temperatura constante. Por esta razón, en los puntos correspondientes con la superficie exterior del cubípedo existe un mayor error e incertidumbre. Esta exposición ambiental a la que se encuentra sometida la estructura conduce a una compleja respuesta térmica en la que aparece un estado térmico inestable, esto se

traduce en la aparición de unas tensiones térmicas que, unidas a la variación de volumen sufrida por el material, puede provocar daños y fisuración”.

- (Lafuente – 2017), “El hormigón una vez colocado aumenta su temperatura como consecuencia del calor de hidratación del cemento. Ese calor se disipa con el hormigón ya endurecido, el endurecimiento del hormigón es un proceso que se inicia con el fraguado inicial, cuando la mezcla pierde su plasticidad. Se denomina fraguado final al estado en el cual la consistencia ya ha alcanzado un valor muy apreciable. Una vez alcanzada la temperatura máxima, el cubípedo se va enfriando de la superficie hacia el centro, lo que provoca que se produzcan tensiones de tracción”.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Cementos

2.2.1.1. Antecedentes Históricos

(TORRE, 2004) “Se conoce que a partir de épocas viejas que los Romanos usaron como añadido ladrillos quebrados los que eran embutidos en una mezcla de cal con polvo de ladrillo o ceniza volcánica así se construyeron una pluralidad extensa de construcciones como senderos, acueductos, templos, palacios etcétera. También se sabe que la mayoría de sus edificios públicos monumentales, incluidos el Coliseo y el Partenón, utilizaron losas de hormigón. Para crear hormigón ligero, los romanos colocaron vasijas de arcilla en los componentes y crearon huecos en las paredes. De esta manera se logra el objetivo. En 1824, el inglés J. Aspin creó y patentó un producto parecido al cemento que se obtiene

hirviendo una mezcla de piedra caliza y arcilla finamente molida. Con este aglutinante, fue posible fabricar hormigón similar al de la roca de Portland (una piedra caliza bastante duradera de la isla de Portland) que se utiliza habitualmente en Inglaterra. De aquí proviene el cemento Portland".

2.2.1.2. Definiciones

(TORRE, 2004) "Cemento Pórtland De consenso con la Regla Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Pórtland es un cemento hidráulico producido por medio de la pulverización del Clinker compuesto en esencia por silicatos de calcio hidráulicos y que tiene principalmente una o bastante más de las maneras sulfato de calcio como suma a lo extenso de la molienda, o sea: Cemento Portland = Clinker Pórtland + Yeso"

2.2.1.3. Materias primas del cemento Pórtland

- (TORRE, 2004) "Las primordiales materias primas primordiales para la construcción de un cemento Pórtland son: Materiales calcáreos: Tienen que tener un correcto contenido de carbonato de calcio (CaCo_3) que va a ser entre 60% a 80%, y no tendrá que tener más de 1.5% de magnesia. Aquí poseemos a las margas, cretas v calizas generalmente dichos materiales suministran el óxido de calcio o cal"
- (TORRE, 2004) "Materiales arcillosos: Tienen que contener sílice en porción entre 60% y 70%. Dichos materiales dan el dióxido de silicio o sílice y además el óxido de aluminio o alúmina, aquí poseemos a las pizarras, esquistos y arcillas generalmente"
- (TORRE, 2004) "Minerales de fierro: Suministran el óxido férrico en pequeñas porciones. En algunas ocasiones éstos vienen con la arcilla"

- (TORRE, 2004) “Yeso: Aporta el sulfato de calcio”
- (TORRE, 2004) “Nota: El yeso se incorpora al Clinker para el control de (retardar y regular) la fragua. Sin el yeso, el cemento fraguado bastante velozmente gracias a la hidratación violenta del aluminato tricálcico y el ferro aluminato tetracálcico”

2.2.1.4. Proceso de Construcción

- (TORRE, 2004) “Sustracción de la materia prima: Esta se hace con la explotación de los yacimientos a tajo abierto. El material resultante de la voladura es transportado en camiones para su trituración, los mismos que son cargados por medio de palas o cargadores frontales de gran capacidad. Esta fase comprende los procesos de investigación, perforación, carguío y acarreo”
- (TORRE, 2004) “Trituración de la materia prima: Se hace en 2 fases, al inicio se procesa en una chancadora primaria, del tipo cono que puede reducirla de un tamaño mayor de 1.5 m hasta los 25 centímetros. (Chancado primario). El material se deposita en una cancha de almacenamiento y después de revisar su estructura química, pasa al chancado secundario reduciéndose a tamaños de hasta $\frac{3}{4}$ ”
- (TORRE, 2004) “Molienda de Crudos: Este proceso se hace mediante molinos de bolas o prensas de rodillos que generan un material bastante fino además de dosificarse correctamente los materiales para poder hacer un crudo óptimo que va a ser el que ingrese al horno”
- (TORRE, 2004) “Homogenización: El crudo finamente molido debería ser homogenizado para asegurar que el Clinker sea de calidad constante o sea en este periodo se debería afirmar la estructura

química constante del crudo. Una vez homogeneizado este material es transportado por medio de fajas transportadoras al intercambiador de calor”

- (TORRE, 2004) “Intercambiador de Calor (Precalentado): Se basa en un edificio formado por torres ciclónicas apiladas llamadas precalentadores. El petróleo crudo homogeneizado ingresa por el extremo frontal de este precalentador y pasa a través de un ciclón que recoge el calor residual de escape, los gases de combustión del horno se oponen al flujo de material entrante. Es calentado por los gases producidos en los quemadores del horno, iniciando el proceso de descarbonización y conversión termoquímica del crudo. Durante este período, las temperaturas alcanzan hasta 850°C (entrada del horno rotatorio) y las temperaturas en la parte superior (salida del gas de precalentamiento) alcanzan aproximadamente 280°C. Sistema de recocido antes de entrar al horno rotatorio. El intercambio de calor se produce mediante transferencia de calor a través del estrecho contacto entre el material y los gases calientes que salen del horno en un sistema de 4 a 6 ciclones en cascada ubicados en torres de hormigón armado de varios pisos. "Más de 100 metros"
- (TORRE, 2004) “Clinkerización: Este es el sector más relevante para los hornos rotativos, ya que es un elemento importante en la construcción del cemento. Estamos hablando de tubos de acero cilíndricos con un diámetro de 4-5 metros. Su longitud es de 70 a 80 metros. Para obtener clinker se deben alcanzar temperaturas cercanas a los 1500°C, recubriendo con un material refractario interno. El

proceso en sí es complejo, comienza con la introducción del petróleo crudo vaporizado en un horno rotatorio y termina con el calor generado al quemar carbón o petróleo en un quemador. El efluente sufre cambios físicos y químicos que conducen a un producto intermedio llamado clinker, que se forma a una temperatura de 1400-1450°C. El horno rotatorio de Cementos Lima tiene una longitud de 83 metros, un diámetro de 5,25 metros y una pendiente del 3%, lo que permite el deslizamiento del material. Este horno gira a una velocidad de 4,5 rpm y tiene un rango de temperatura de 850°C a 1450°C. Sin embargo, la fase líquida que propone el principio del proceso de sinterización se produce a una temperatura de 1260°C, y a medida que aumenta la temperatura también aparece la fase líquida o fase fundida.

- (TORRE, 2004) “Enfriamiento: El clinker caliente debe enfriarse rápidamente, ya que no todos los minerales hidráulicamente activos necesarios en el clinker permanecen estables durante el proceso de anillado. Es decir, una vez que el clinker sale del horno pasa a la tercera parte del circuito de producción. Esto viene en una hielera. Este enfriador está ubicado a la salida del horno y carga completamente el material que sale del horno a una temperatura de 1000-1100°C. Consta de secciones desechables formadas por placas fijas y placas móviles alternas con pequeños orificios. él es. Este aire es soplado desde abajo por un ventilador y enfría el clinker a unos 120°C antes de almacenarlo a esta temperatura. Cuando el clinker formado durante el proceso de sinterización se enfría ligeramente, la dirección del equilibrio cambia y parte del silicato tricálcico (el

compuesto principal en el desarrollo de la resistencia del cemento) se disuelve en la fase líquida, lo que permite que AA se forme lentamente. El proceso de enfriamiento puede reducir la resistencia del cemento. Sin embargo, un proceso de enfriamiento rápido es necesario debido a los efectos que pueden ocurrir sobre el cemento, tales como molienda fina debido al agrietamiento por tensión del clinker y baja solubilidad de la alita.

- (TORRE, 2004) “Molienda del clinker: Por medio de un proceso de sustracción controlado el clinker entra a los molinos de bolas o prensa de rodillos donde se obtendrá un área específica alta de los granos del cemento”
- (TORRE, 2004) “Envasado y despacho: Principalmente el cemento se comercializa en bolsas de 42.5 Kilogramo., según los requerimientos del cliente además puede despacharse a granel. Las bolsas, son de papel krap extensible tipo Klupac con contenido de hojas, entre 2 y 4 según los requerimientos de transporte o manipuleo. Solo en casos bastante especiales y necesarios, estas bolsas van provistas de un refuerzo interior de polipropileno”
- (TORRE, 2004) “Estas bolsas de cemento son periódicamente controladas por medio de la verificación de su porosidad al aire, absorción, impermeabilidad y resistencias mecánicas. Las fábricas cementeras además comercializan el cemento en bolsones con capacidad de 1.5 toneladas. Estos bolsones se conocen como big bag. Cada una de las fábricas de cementos del Perú despachan cemento a granel. Así se despacha la porción mínima de 25 a 30 toneladas. A lo

largo de un largo tiempo, el cemento fue suministrado en sacos de papel. No obstante, la tendencia mundial es la de distribuirlo a granel, transportándolo en camiones cisterna y almacenándose en silos”

2.2.1.5. Características de los compuestos primordiales

(TORRE, 2004) Silicato Tricálcico (C3S).

- “Se hidrata y endurece velozmente
- Es el de más grande relevancia de los compuestos del cemento
- Establece la velocidad o rapidez de fraguado
- Establece la resistencia inicial del cemento
- Cooperera una buena seguridad de volumen
- Cooperera a la resistencia al intemperismo”

(TORRE, 2004) Silicato Dicálcico (C2S)

- “Coopera con las resistencias a edades más grandes a una semana
- Por su porcentaje en el clinker es el segundo en trascendencia
- Se hidrata y se fragua con lentitud
- Logra alta resistencia a la compresión (después de prolongado endurecimiento)
- Hidratación equivalente a 63 cal/gr
- Cooperera a la resistencia a la exposición de agentes.
- Su contribución a la igualdad de volumen es regular”

(TORRE, 2004) Aluminato Tricálcico (C3A)

- “Fue el primero en hidratarse, mejor dicho fragua con mucha velocidad
- Libera gran proporción de calor a lo largo de los primeros días de la hidratación

- Incide levemente en la resistencia mecánica
- Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo)
- Tiene mala seguridad de volumen
- Poca resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y ataques químicos
- Calor de hidratación equivalente a 207 cal /gr”

(TORRE, 2004) Ferro Aluminato Tetracálcico (C4AF)

- “Disminuye la temperatura de formación del Clinker
- Inmediata rapidez de hidratación
- El calor de hidratación es equivalente a 100 cal/gr (moderado)
- En la resistencia mecánica no está determinada su predominación
- La igualdad de volumen es mala
- Influye en el color final del cemento”

2.2.1.6. Características del Cemento

(TORRE, 2004) Finura o Fineza

“Dedicada al nivel de molienda del polvo, se expresa por el área específica, en m²/kg. En el laboratorio hay 2 ensayos para determinarlo”:

- Permeabilímetro de Blaine
- Turbidímetro de Wagner

(TORRE, 2004) “Trascendencia: A más grande finura, crece la resistencia, empero se incrementa el calor de hidratación y cambios de volumen. A más grande finura del cemento más grande velocidad de hidratación del cemento y mayor desarrollo de resistencia”

Ejemplo:

Tabla 1

Tipo de cemento y valor de finura correspondiente

Tipo de cemento	Finura Blaine m² / kg
I	370
II	370
III	540
IV	380
V	380

Fuente: Ana Torre Tecnología del Concreto (Fuente: UNI)

Peso Específico

(TORRE, 2004) “Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm³. En el laboratorio se establece mediante el Ensayo del Tarro de Le Chatelier (NTP 334.005). Trascendencia: Se utiliza para los cálculos en el diseño de mezclas Los pesos específicos de los cementos Pórtland son de alrededor de 3.15”

Tiempo de Fraguado

(TORRE, 2004) “Es la época entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se expresa en min. Se muestra como: La era de Fraguado Inicial y La época de Fraguado Final. En el laboratorio hay 2 procedimientos para calcularlo”

- Agujas de Vicat : NTP 334.006 (97)
- Agujas de Gillmore : NTP 334.056 (97)

(TORRE, 2004) “Trascendencia: Fija la puesta adecuada en obra y endurecimiento de los concretos y morteros”

Estabilidad de Volumen

(TORRE, 2004) “Representa la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos, se expresa en %. En el

laboratorio se establece por medio de: Ensayo en Autoclave: NTP 334.004 (99)”

Resistencia a la Compresión

(TORRE, 2004) “Mide la capacidad mecánica del cemento a tolerar una fuerza externa de compresión. Es una de las más relevantes características, se expresa en Kg/cm². En el laboratorio se establece por medio de: Ensayo de compresión en probetas cúbicas de 5 centímetros de lado (con mortero cemento-arena normalizada): NTP 334. 051 (98)”

Calor de Hidratación

(TORRE, 2004) “Es el calor que se crea por la actividad (agua + cemento) exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/gr.y es dependiente primordialmente del C3A y el C3S . En el laboratorio se establece por medio de: Ensayo del Calorímetro de Langavant o el de la Botella Aislante. Se emplea morteros estándar: NTP 334.064”

2.2.1.7. Tipos de cementos

(TORRE, 2004) “Constituidos por Clinker Pórtland y la integración únicamente de un definido porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí poseemos según las Reglas Técnicas:

- Tipo I: Para usos que no requieran características especiales de cualquier otro tipo
- Tipo II: Para uso general y especialmente una vez que se quiere moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación
- Tipo III: Para utilizarse una vez que es necesario altas resistencias iniciales

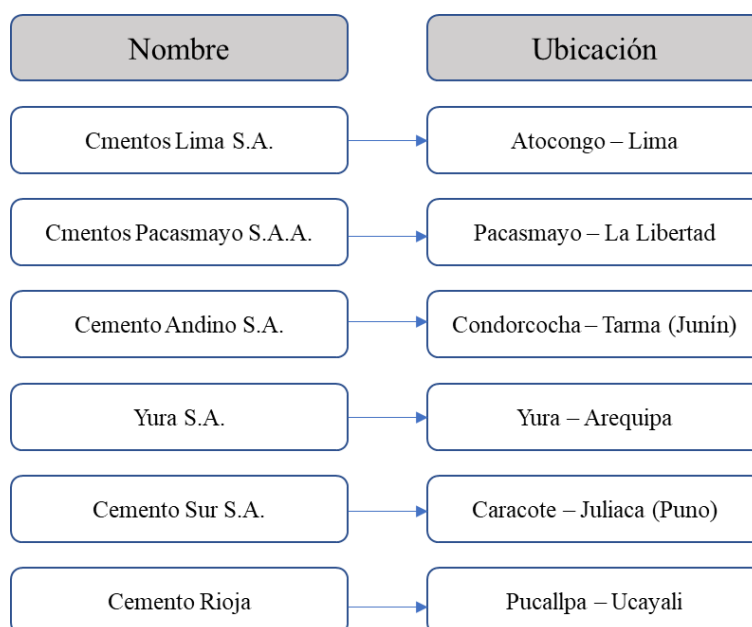
- Tipo IV: Para emplearse una vez que se quiere bajo calor de hidratación
- Tipo V: Para emplearse una vez que se quiere alta resistencia a los sulfatos”

2.2.1.8. Los Cementos en el Perú

En el Perú, en la actualidad poseemos las próximas organizaciones cementeras:

Gráfico 1

Cementos en el Perú



Fuente: UNI

(TORRE, 2004) “Los cementos tiene las siguientes aplicaciones:

- Tipo I Para estructuras de concreto y mortero de uso general y una vez que no se ocupe características específicas, se usa en concretos que no se encuentren sujetos al ataque de componentes agresivos como puede ser la existencia de sulfatos en el suelo o en el agua.
- Tipo II: Operaciones que requieren resistencia moderada a los sulfatos (por ejemplo, estructuras de drenaje) y/o calor de hidratación

moderado (debido a la hidratación del cemento). Se utilizan en edificios, estructuras industriales, puentes, obras portuarias, operaciones de perforación y en general en una escala significativa de estas estructuras en climas cálidos.

- Tipo III: Generalmente se usa menos de una semana (por ejemplo, antes de comenzar) en trabajos que requieren alta resistencia y cuando se trabaja en áreas frías para reducir el curado controlado.
- Tipo IV: Se necesita bajo calor de hidratación en la construcción, plantas hidroeléctricas y aplicaciones de hormigón de gran masa. También cabe señalar que este cemento tiene una resistencia menor en comparación con otros cementos.
- Tipo V: Recomendado para aplicaciones que requieren alta resistencia a los sulfatos además de las propiedades del Tipo II. Este es el caso de las construcciones portuarias, incluidos canales, alcantarillas, túneles y suelos con alto contenido de sulfatos que están expuestos al agua de mar. "Este cemento desarrolla resistencia más gradualmente que el cemento Tipo I, lo que resulta en una mayor resistencia a los sulfatos".

2.2.1.9. Almacenamiento del cemento

(TORRE, 2004) "La buena disposición que se adopte para el almacenamiento de los insumos del concreto contribuirá en la buena marcha de la obra, además de una producción eficiente del concreto de calidad. El diseño general de las instalaciones de almacenamiento se efectúa en la fase previa de la obra, teniendo presente entre otros los próximos límites:

- Localización y propiedades del área donde se encuentra la obra.
- Espacios accesibles.
- Consumo promedio de concreto de consenso al cronograma de la obra
- Consumo más alto y duración del lapso en el que se hace la más grande producción de concreto.
- Forma y medios de aprovisionamiento de los materiales.
- Stock mínimo que es correcto conservar.
- Localización de las mezcladoras o central de mezcla.
- Alternativas y precios para las diversas instalaciones de almacenamiento”

(TORRE, 2004) “El cemento almacenado en seco conserva todas sus propiedades. Si se almacena en recipientes herméticos o en un ambiente con temperatura y humedad controladas, la vida útil es indefinida. Las obras de construcción requieren que el cemento se coloque de tal manera que se mantenga en buenas condiciones durante un cierto período de tiempo. Lo más importante es mantener el cemento seco, centrándose no solo en el efecto de la humedad directa, sino también en el efecto del aire húmedo. En obras monumentales o donde se vaya a almacenar cemento por largos periodos, se deberán prever almacenes de dimensiones adecuadas, ventilados, sin corrientes de aire ni luz, para evitar la humedad y mantener el ambiente lo más seco posible. Si es posible, se debe planificar al máximo el funcionamiento de la entrada de aire. Si se espera lluvia, su techo tiene la inclinación correcta. El suelo debe ser de tablas de 10 cm de altura. Impide el paso de la humedad a través del suelo natural. En ocasiones también se pueden utilizar palets de

madera. Para reducir la circulación de aire, las bolsas deben apilarse unas sobre otras, dejando al menos 50 cm de espacio libre en la pared. Las puertas y ventanas deben estar permanentemente cerradas. Las pilas de cemento pueden alcanzar una altura de 12 sacos en un período de hasta 60 días. Para evitar la compactación del cemento cuando se almacena por largos periodos de tiempo, el límite recomendado es de 8 bolsas. Las bolsas de cemento se colocan de manera que se promueva un acuerdo sobre el orden cronológico de recepción para evitar que ciertos artículos se desgasten. No se pueden enviar bolsas con daños o signos de endurecimiento del cemento, según se define en la normativa. Para trabajos pequeños, o donde se vaya a almacenar cemento por períodos cortos de 7 días o menos, se podrá almacenar con una protección mínima, que puede consistir en una base sólida de concreto de mala calidad y una cubierta de lona o plástico. A veces es necesario extender las cubiertas sobre los bordes para evitar que la lluvia entre en la plataforma. Para evitar que el viento la levante, la cubierta debe fijarse en la parte inferior y, si es posible, en la parte superior. En todos los casos el suelo deberá estar separado de la zona natural y seca. Para almacenamiento a largo plazo, además de lo anterior, se recomienda cambiar la posición de la bolsa de vez en cuando para aprovechar la posibilidad de soltar las partículas de cemento que pasan a través de la bolsa al golpear el borde de la bolsa. El bolso pequeño. . maniquí.. Además, la bolsa está cubierta con una película de polietileno que toca el fondo. Y no deje caer bolsas desde lugares altos ni las arrastre al suelo. La bolsa inferior está sellada para que puedan salir los grumos blandos. Ten en cuenta que al abrir la bolsa de cemento, debe

quedar como harina sin grumos. Si se observan gránulos que no se disuelven al presionar con la yema del dedo, puede haber ocurrido un proceso de hidratación y se deben realizar pruebas específicas para determinar su utilidad.

(TORRE, 2004) “Condiciones especiales de almacenamiento de silos: Los silos de cemento son recursos verticales que interactúan con grandes alturas y diámetros, principalmente cilíndricos y en parte circulares. Los sellos suelen caracterizarse por un tonelaje acumulado de entre 15 y 50 m³. El sello consta de un cuerpo humano insertado en un eje metálico cilíndrico cerrado con un diámetro de 2,40 a 2,80. Las partes más visibles suelen incluir chimeneas o respiraderos de despresurización, accesos al carguero y escotillas que permiten el acceso a personas con cierres estancos. La parte inferior es cónica y tiene una abertura con cierre en la parte más estrecha. El diseño del cono está diseñado para provocar la formación de una bóveda. Finalmente, los soportes están formados por tubos y perfiles de acero bien reforzados para resistir los efectos del viento, que crean fuerzas de vuelco que provocan tracción en las patas cuando se vacía el silo. Con el tiempo, los silos se equipan con indicadores de calidad del cemento, filtros de polvo, dispositivos de prevención de fugas y dispensadores de cemento. El cuerpo humano del pequeño silo es, en la mayoría de los casos, totalmente capaz de combatir y puede trabajar rápidamente. Los silos más grandes se fabrican con uniones atornilladas desmontables, lo que dificulta el transporte. Estos tipos son más caros y, a veces, están expuestos a la humedad. Los cuerpos humanos de los silos pequeños suelen estar completamente orientados al combate y pueden

actuar rápidamente. Los silos más grandes están hechos de secciones atornilladas desmontables, lo que dificulta el transporte. Los productos de esta clase son más caros y, en ocasiones, están expuestos a la humedad. El cuerpo humano del pequeño silo suele ser totalmente combativo y puede utilizarse rápidamente. Los silos más grandes se fabrican con uniones atornilladas desmontables, lo que dificulta el transporte. Estos tipos son más caros y, a veces, propensos a la humedad. Se instala una chimenea en la parte superior del silo para permitir que entre aire y suministre el cemento que fluye. Tanto en ensilaje como en ingesta alimentaria. Para reducir el desgaste, compruebe periódicamente el ajuste de las lumbreras, prestando especial atención al portón trasero, al techo y a las juntas de soldadura. Mantenga la puerta cerrada cuando no esté en uso. Utilice un sistema de aire comprimido con separador de agua. Compruebe periódicamente el cemento en busca de grumos o adhesivos y compruebe si hay sacarosa, plomo, zinc, cobre, etc. en cemento.

2.2.2. Agua para el concreto

(TORRE, 2004) “Las aguas potables y esas que no tengan sabores u olores tienen la posibilidad de ser usadas para elaborar concreto, no obstante, varias aguas no potables además tienen la posibilidad de ser utilizadas si cumplen con ciertos requisitos, en nuestra región es recurrente laborar con aguas no potables más que nada una vez que se intentan obras en las afueras de las localidades”

(TORRE, 2004) “Como requisito de carácter general y sin que ello implique la ejecución de ensayos que permitan comprobar su calidad, se va a poder usar como aguas de mezclado esas que se tomen en cuenta potables, o las que por vivencia se conozcan que tienen la posibilidad de ser usadas en la

preparación del concreto. debería recordarse, que sólo varias de las aguas inadecuadas para tomar son problemas para elaborar concreto. Generalmente, en las restricciones, el agua de mezclado tendrá que estar independiente de sustancias colorantes, aceites y azúcares. El agua empleada no tendrá que contener sustancias que logren crear efectos sobre el fraguado, la resistencia o durabilidad, aspecto del concreto, o sobre los recursos metálicos embebidos en éste. Anteriormente a su trabajo, va a ser primordial averiguar y aseverarse que la fuente de provisión no está sometida a influencias que logren cambiar su estructura y propiedades con en interacción a las conocidas que han permitido su trabajo con resultados satisfactorios”

2.2.2.1. Requisitos de calidad del agua

(TORRE, 2004) “El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto tendrá que llevar a cabo con los requisitos de la Regla NTP 339.088 y ser, preferido potable. No hay criterios uniformes referente a las fronteras permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va. a emplearse. La Regla Peruana NTP 339.088 estima aptas para la preparación y curado del concreto, esas aguas cuyas características y contenidos de sustancias disueltas permanecen entendidos en los próximos parámetros”:

Tabla 2*Requisitos de Calidad para agua*

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5,000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaCHCO ₃)	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl-)	1,000	ppm	Máximo
pH	5 a 8		Máximo

Fuente: Ing. Ana Torre, Tecnología de Concreto

(TORRE, 2004) “Recomendaciones Extras:

- Si la alteración de color es un requisito que se quiere mantener el control de, el contenido mayor de fierro, expresado en ión férrico, va a ser de 1 ppm.
- El agua tendrá que estar independiente de azúcares o sus derivados. Por igual lo va a estar de sales de potasio o de sodio.
- Si se usa aguas no potables, la calidad del agua, definida por estudio de Laboratorio, tendrá que ser aprobada por la Supervisión.
- La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basará en resultados en los cuales se ha usado en la preparación del concreto el agua de la fuente escogida”

2.2.2.2. Restricciones

(TORRE, 2004) “Las sales u otras sustancias nocivas que logren estar presentes en los agregados y/o aditivos, deberán sumarse a la porción

que pudiera dar el agua de mezclado con el objeto de evaluar el total de sustancias problemáticas que tienen la posibilidad de ser nocivas al concreto, el acero de refuerzo, o los recursos metálicos embebidos. El agua empleada en la preparación del concreto para recursos presforzados, o en concretos que tengan embebidos recursos de aluminio o de fierro galvanizado, incluyendo la parte del agua de la mezcla con la que contribuyen la humedad independiente del añadido o las resoluciones de aditivos, no tendrá que contener porciones de ión cloruro más grandes del 0.6% en peso del cemento. La suma total de las porciones de ión cloruro presentes en el agua, agregados y aditivos, no tendrá que jamás exceder, expresada en porcentajes en peso del cemento, de los porcentajes designados después”:

Tabla 3

Proporciones de Ion Cloruro

TIPO DE CONCRETO	PORCENTAJE
Concreto preesforzado	0.06%
Concreto armado con elementos de aluminio o fierro galvanizado	0.06%
Concreto armado expuesto a la acción de cloruros	0.10%
Concreto armado sometido a un ambiente húmedo pero no expuesto a cloruros	0.15%
Concreto armado seco o protegido de la humedad durante su vida por medio de un recubrimiento impermeable	0.80%

Fuente: Ing. Ana Torre, Tecnología de Concreto

2.2.2.3. Requisitos del comité 318 del ACI

(TORRE, 2004) “Los Requisitos son:

- El agua empleada en el mezclado del concreto tendrá que estar limpia y independiente de porciones peligrosas de aceites, álcalis, ácidos,

sales, materia orgánica, u otras sustancias peligrosas para el concreto o el refuerzo.

- El agua de mezclado para concreto que contiene materias primas de aluminio, incluida la porción de agua de mezclado agregada como agua independiente al concreto premezclado o a los aditivos, no debe contener niveles peligrosos de iones de cloruro.
- No se debe utilizar agua no potable sobre el concreto a menos que se cumplan las siguientes condiciones: La selección de proporciones específicas debe basarse en mezclas de concreto utilizando agua de la misma fuente.
- Los bloques de ensayo de mortero preparados con mezclas de agua no potable deberán tener una resistencia de al menos el 90% de la resistencia de muestras similares preparadas con agua potable después de 7 y 28 días. Las pruebas de resistencia comparativas se realizarán utilizando morteros similares preparados y probados, excluyendo el agua mezclada, de acuerdo con ASTM C 109, "Método de prueba para la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico (usando 2" o 50 mm cúbicos)."

2.2.3. Agregados Para El Concreto

(TORRE, 2004) "En el pasado, los agregados se llamaban recursos inertes del concreto porque no interfieren directamente con las reacciones químicas. Según la tecnología actualizada, este material es el que presenta mayor porcentaje de cohesión por unidad cúbica de hormigón. Las diferentes propiedades y características del hormigón son. Afecta a todas las propiedades, y la participación de este material en las propiedades del hormigón incide

fundamental no sólo en la rotura y calidad final del hormigón, sino también en su trabajabilidad y consistencia: su estado plástico, así como su resistencia, durabilidad, flexibilidad y propiedades térmicas. Propiedades del hormigón endurecido, cambio de volumen y peso unitario. Aunque los generadores que no cumplen con los requisitos específicos especificados en E-060 han demostrado un comportamiento óptimo en la experiencia de campo, cabe señalar que un comportamiento pasado satisfactorio no garantiza buenos resultados en otras situaciones. Y los agregados deben usarse tanto como sea posible en una variedad de ubicaciones que cumplan con los detalles del plan. El agregado de concreto es una opción ideal porque representa 3/4 del volumen. Además del hecho de que los agregados débiles pueden limitar la durabilidad del concreto, son estos recursos los que brindan seguridad volumétrica. Por certeza y estabilidad."

2.2.3.1. Agregado

(TORRE, 2004) "Se define como añadido al grupo de partículas inorgánicas de procedencia natural o artificial cuyas magnitudes permanecen comprendidas entre los parámetros fijados en la NTP 400.011. Los agregados son la etapa discontinua del concreto y son materiales que permanecen embebidos en la pasta y que ocupan alrededor del 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto"

2.2.3.2. Tamaño Mayor

(TORRE, 2004) "Corresponde al menor tamiz por el cual pasa toda la muestra de añadido"

2.2.3.3. Tamaño Nominal Mayor

(TORRE, 2004) "Corresponde al menor tamiz en el que se crea el primer retenido".

2.2.3.4. Módulo de Fineza

(TORRE, 2004) “Criterio Predeterminado en 1925 por Duff Abrams desde las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material usando la siguiente expresión”:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados retenidos (1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100)}}{100}$$

2.2.3.5. Funcionalidades del agregado

(TORRE, 2004) “El añadido dentro del concreto cumple primordialmente las próximas funcionalidades:

- Como esqueleto o relleno conveniente para la pasta (cemento y agua), disminuyendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- Da una masa de partículas capaz de resistir las ocupaciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que logren actuar sobre el concreto.
- Minimizar los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta”

(TORRE, 2004) “Los agregados finos son usualmente ubicados por un número nombrado Módulo de finura, que generalmente es más diminuto mientras el añadido es más fino. La capacidad de los agregados en el concreto es la de producir un esqueleto duro y estable lo cual se consigue uniéndolos con cemento y agua (pasta). Una vez que el concreto está fresco, la pasta además lubrica las partículas de añadido otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla. Para llevar a cabo satisfactoriamente con estas funcionalidades la pasta debería cubrir plenamente el área de los agregados”

(TORRE, 2004) “Si se fractura una roca, como se observa en la figura, se disminuirá su tamaño y aparecerán novedosas zonas sin haberse modificado el peso total de roca. Por la misma razón, los agregados de menor tamaño poseen una más grande área para lubricar y demandarán más grande proporción de pasta. De modo que, para llevar a cabo concreto es aconsejable usar el más grande tamaño de añadido compatible con las propiedades de la composición”

2.2.3.6. Proceso de Producción

(TORRE, 2004) “La producción de los agregados principalmente se hace a cielo abierto, y se acostumbran continuar las próximas ocupaciones:

- Supresión de las capas no exportables (rocas estériles, degradadas, alteradas, cubierta vegetal etc).
- Compra de materiales: - Compra de materiales no combinados - Uso de mezclas.
- Robo de áridos: A menudo se utilizan explosivos para romper rocas, que luego son transportadas en camiones volquete o cintas transportadoras. • Transporte a la planta de procesamiento: Lo más importante es que la cantera esté ubicada lo más cerca posible de la mina. El transporte es tan importante que se pueden utilizar cintas transportadoras o camiones y/o volquetes.
- Procedimiento de Agregación: Para obtener un agregado con las propiedades deseadas se pueden seguir estos pasos:

- Trituradora con mandíbulas, tipo impacto, tipo rotativo, molino de bolas, etc. Moler o triturar para reducir el tamaño de las partículas mediante conjuntos como:
- Las operaciones de molienda implican grupos de clasificación que permiten clasificar las partículas de material por tamaño y separarlas en partículas transitables y no transitables.
- En primer lugar, es fundamental una limpieza frecuente del material para eliminar el exceso de partículas finas que alteran la cohesión y durabilidad del material.
- Almacenamiento y transporte"

2.2.3.7. Canteras

(TORRE, 2004) “La mayoría de las veces, corresponde al contratista encontrar y seleccionar un pozo de llenado disponible en el área. Debe integrar estudios geológicos y petrológicos, la estructura mineral del material, sus propiedades físicas, durabilidad, costo de uso, productividad y potencial. . , accesibilidad, etc. La cantera seleccionada debe ser aprobada por el inspector previa presentación de un certificado de prueba de laboratorio. Al considerar y seleccionar una cantera, los ingenieros deben considerar la ubicación, el porcentaje de valor agregado requerido, el tamaño máximo a utilizar y las características generales de la formación. También necesitan saber cómo ciertas características afectan su carrera. Propiedades del hormigón, medición granulométrica, propiedades físicas y estructura de mezclas. El laboratorio elegido para evaluar las propiedades de los agregados debe contar con kits calibrados y conocer métodos estandarizados. Luego de que el contratista presenta el

certificado oficial de laboratorio, el inspector prepara la selección de carrera y la aprobación final. Un análisis cuidadoso y una selección adecuada del tajo a utilizar permite al diseñador conocer qué agregados están disponibles o potencialmente disponibles en el sector minero y la facilidad de implementación.

2.2.3.8. Especificaciones Técnicas de los Agregados

(TORRE, 2004) "Los aditivos utilizados en las obras deberán cumplir con las condiciones técnicas que aseguren la calidad final de las obras. Los agregados que no cumplan con requisitos específicos podrán eliminarse continuamente una vez que se haya demostrado mediante pruebas de laboratorio o experiencia de campo que son capaces de producir concreto de la calidad especificada. Los requisitos de mezcla para aplicaciones específicas se especifican en ASTM C33 y NTP 400.037. Los agregados expuestos a la humedad, exposición prolongada a atmósferas húmedas o en contacto con suelo húmedo no deben contener sustancias potencialmente reactivas con los álcalis del cemento para evitar el hinchamiento. Se recomiendan pruebas de seguridad a granel para agregados utilizados en concreto que están sujetos a procesos de congelación y descongelación. Estos agregados no probados solo se pueden usar si se ha demostrado que el concreto con propiedades similares en el área tiene una experiencia de intemperie satisfactoria. También se deben utilizar áridos con un contenido total de sales solubles inferior al 0,015% en peso de cemento.

2.2.4. Aditivos para el concreto

(TORRE, 2004) "Aditivo" está definido por la Junta ACI 116R y ASTM C 125 como "un material ligeramente mezclado utilizado como componente de mortero u hormigón, que no sea agua, aditivo, cemento hidráulico o fibras de refuerzo". Agregue al lote antes o durante la mezcla. La norma técnica peruana NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias adicionadas a los elementos básicos del concreto y destinadas a modificar sus propiedades específicas. Los aditivos se agregan principalmente a la mezcla de concreto durante el proceso de mezclado y se utilizan para:

- Modificar una o más propiedades NTP para adaptarlas mejor a la operación deseada.
- Mejora la usabilidad al simplificar el proceso de instalación. • Garantizar la productividad durante la preparación, transporte y colocación del hormigón:
- Cambiar la estructura o las proporciones de la mezcla puede proporcionar una mayor economía y mejores resultados.

2.2.4.1. Condiciones De Trabajo

(TORRE, 2004) "Los aditivos usados deberán consumir con los requisitos de las Reglas ASTM o NTP que corresponden. Su trabajo tendrá que estar indicado en las especificaciones del plan, o ser aprobado por la Supervisión. La regla instituye para todos los aditivos requisitos para verificar las modificaciones aportadas por el aditivo en las próximas características del concreto":

- Proporción de agua
- Tiempo de fragua
- Resistencia a compresión

- Resistencia a flexión
- Deformación por contracción
- Inalterabilidad (durabilidad)

(TORRE, 2004) “Indicándonos en cada caso valores mínimos esperados conforme con la categorización o tipo de aditivo que se encuentre utilizando. Para al caso de los aditivos incorporadores de aire este es necesario en concretos que, en cualquier fase de su historia, tienen la posibilidad de estar expuestos a temperaturas ambiente menores de 0°C. En otras ocasiones, el trabajo de dichos aditivos es opcional y a criterio del especialista”

2.2.4.2. Causas de Empleo

(TORRE, 2004) “En medio de las primordiales causas de trabajo de aditivos, para cambiar las características del concreto fresco, se puede nombrar:

- Reducción en el contenido de agua de la mezcla, que trae como resultado ahorro en la proporción de cemento para una misma interacción a/c (caso de los plastificantes y superplastificantes).
- En el hormigón se pueden conseguir una variedad de propiedades de forma más positiva que en otros materiales.
- Aumentar la capacidad de trabajo sin cambiar el contenido de humedad; Alternativamente, reduzca el contenido de humedad sin cambiar el rendimiento.
- Reducción, aumento o control de los montos liquidados;
- Acelera o ralentiza el tiempo de configuración inicial.
- Cambios en la tasa y/o intensidad de la exudación.

- Reducir o prevenir la separación. o el desarrollo de un agrandamiento leve
- Optimiza la facilidad de colocación y/o inyección de aditivos.
- Verificar la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, vertido y curado del concreto.
- Entre las principales razones de la influencia de los aditivos en la modificación de las propiedades del hormigón, mortero o morteros sólidos destacan las siguientes:
- Retraso en el calor de hidratación o disminución en la magnitud del calor de hidratación durante la solidificación inicial
- Incrementa la tasa de desarrollo de la resistencia inicial y/o final del concreto y su tasa de crecimiento.
- Mayor durabilidad (resistencia a duras condiciones de exposición).
- Reducción de la permeabilidad del hormigón.
- Hinchamiento controlado debido al efecto de los agregados alcalinos;
- Mejor adherencia entre acero y hormigón. Hormigón viejo - Hormigón nuevo
- Mayor resistencia al impacto y/o abrasión.
- Control de corrosión de partículas metálicas incrustadas en hormigón.
- Producción de soluciones concretas o celulares.
- Producción de hormigón o mortero coloreado"

2.2.4.3. Consideraciones En El Trabajo De Aditivos

(TORRE, 2004) “Los aditivos tienen que llevar a cabo con los requisitos de las Reglas seleccionadas y las especificaciones de obra, debiendo prestarse particular atención a las sugerencias del fabricante y/o

proveedor del aditivo. Las próximas reglas ASTM cubren los tipos o clases de aditivos de uso corriente:

- Aditivo incorporado de aire (ASTMC 260)
- Aditivos reductores de agua y controladores de endurecimiento (ASTMC 494)
- Cloruro de Calcio (ASTM D 98)
- Aditivos a ser empleados en la producción de concretos bastante sueltos (ASTM C 1017)”

(TORRE, 2004) “Considerado una vez que se evalúa la acción del aditivo, las ventajas resultantes, y los más grandes precios debidos a su trabajo, en el estudio económico del trabajo de un aditivo se debería tener en cuenta:

- El precio de usar un componente extra y el impacto de eso sobre los precios de puesta en obra del concreto
- Los efectos económicos del aditivo sobre la trabajabilidad y consistencia del concreto; así como sobre el tamaño y rapidez de ganancia de resistencia
- La probabilidad de usar métodos menos costosos, o diseños más avanzados
- Todos esos puntos que logren justificar el más grande precio del concreto debido al trabajo del aditivo”

2.2.4.4. Categorización

(TORRE, 2004) “No es simple clasificar los aditivos, ya que ellos tienen la posibilidad de ser clasificados genéricamente o con interacción a los efectos particulares derivados de su trabajo; tienen la posibilidad de

cambiar bastante más de una propiedad del concreto; así como a que los múltiples productos existentes en el mercado no cumplen las mismas especificaciones. Adicionalmente debería indicarse que los aditivos comerciales tienen la posibilidad de contener en su estructura materiales los cuales, separadamente serían integrados en 2 o más conjuntos, o serían cubiertos por 2 o más Reglas ASTM o sugerencias ACI. Según la Regla ASTM C 494, los aditivos se ordenan en:

- TIPO A: Reductores de agua.
- TIPO B: Retardadores de fragua.
- TIPO C: Acelerantes.
- TIPO D: Reductores de agua-retardadores de fragua.
- TIPO E: Reductores de agua - acelerantes.
- TIPO F: Super Reductores de agua.
- TIPO Gramo: Super Reductores de agua – acelerante”

2.2.4.5. Requisitos De La Regla

(TORRE, 2004) “La regla instituye para todos los aditivos mencionados, los requisitos para verificar las modificaciones aportadas por un aditivo sobre alguna de las próximas características del concreto:

- Requerimiento de agua.
- Tiempo de fraguado.
- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la flexión.
- Deformación por contracción.
- Inalterabilidad (durabilidad)”

2.2.4.6. Almacenamiento De Los Aditivos

(TORRE, 2004) “Los aditivos se almacenarán siguiendo las sugerencias del fabricante con la intención de eludir la contaminación, evaporación y deterioro de dichos, para esto se va a tener presente los próximos puntos:

- Los aditivos líquidos van a ser salvaguardados del congelamiento o cambios de temperatura que logren influir sus propiedades.
- No deberán ser almacenados por un tiempo superior a 6 meses a partir de la fecha del último ensayo de asentimiento, debiéndose evaluar su calidad antes del trabajo.
- No se usarán aditivos deteriorados, contaminados o esos cuya fecha de vencimiento se haya cumplido”.

2.2.5. Concreto

(TORRE, 2004) “El concreto es un material heterogéneo el cual está compuesto primordialmente de la mezcla de cemento, agua y añadido fino y grueso. El concreto tiene un diminuto volumen de aire atrapado, y puede contener además aire intencionalmente incorporado por medio del trabajo de un aditivo”

(Rivva López, 2007, p.15) “Por igual, en la mezcla de concreto además se aplican a menudo otros aditivos para fines como por ejemplo apresurar o retardar el fraguado y el endurecimiento inicial, mejorar la trabajabilidad, minimizar los requisitos de agua de mezcla, aumentar la resistencia o cambiar otras características del concreto”

(Rivva López, 2007, p.15) “Adicionalmente, a la mezcla de concreto se le puede integrar determinados aditivos minerales, como por ejemplo las puzolanas, las cenizas y las escorias de elevado horno al final molidos. Esta unión puede

contestar a consideraciones de economía o se puede realizar para mejorar determinadas características del concreto: minimizar el calor de hidratación, incrementar la resistencia final, o mejorar la conducta de concreto frente al ataque por sulfatos o a la actitud de álcali agregados.”

2.2.5.1. Elementos del concreto

"La tecnología del hormigón mejorada define cuatro elementos para este material: cemento, agua, áridos y aditivos como materias primas activas y aire como componente pasivo". (Pasquel Carvajal, 1998-1999, p. 13)

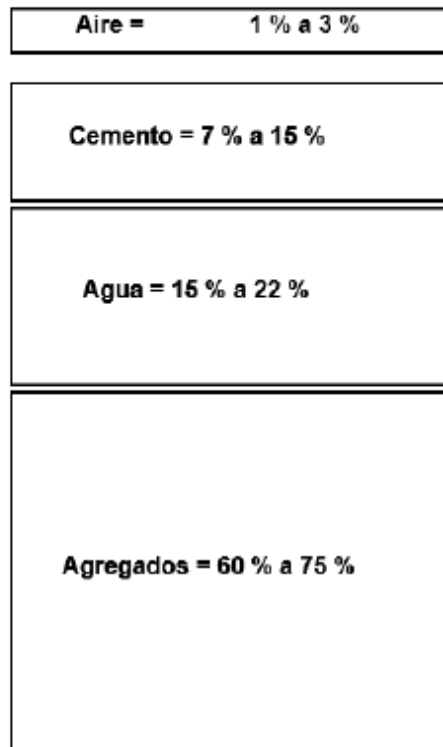
"En la definición clásica, los aditivos se consideran una parte opcional, pero en el mundo moderno son una parte permanente porque se ha demostrado científicamente que mejoran la trabajabilidad, la durabilidad y la facilidad de operación, mejorando las condiciones de durabilidad y, en general, ahorrando mano de obra y lotes. "Será una solución más rentable para equipos de compactación, mantenimiento, enlucido, reparaciones y reducción del uso de cemento". (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p. 13).

"Identificamos conceptualmente la necesidad de un conocimiento profundo de las propiedades de elementos específicos, pero es importante señalar que de todos los elementos, el cemento merece cierta comprensión. Si diagramamos las relaciones de volumen típicas absolutas de elementos de hormigón y luego analizamos la figura. Consideramos que el cemento es el ingrediente activo que

participa en menor proporción, pero determina las tendencias comportamentales (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.14).

Gráfico 2

Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto



Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto-Enrique Pasquel

"Si nos fijamos en la imagen, no es raro que colegas muestren un gran interés en este campo, a pesar de haber aprendido los conceptos básicos de la química durante su formación en la construcción (este también es nuestro caso). ser una base general para las implicaciones de las opiniones. Por lo tanto, al desarrollar estos temas, enfatizamos consideraciones prácticas en lugar de los detalles de fórmulas y combinaciones químicas, y brindamos información que es directamente relevante para los ingenieros civiles. (Pasquel Carvajal, 1998-1999, 16-6er)

2.2.5.2. Características del concreto

“Las propiedades del concreto han de ser funcionalidad del fin para el cual está designado. Por esto la selección de las proporciones de la unidad cubica de concreto debería permitir obtener un concreto con la facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad u otras características que se piensan correctas para la situación especial para el cual la mezcla está siendo diseñada” (Rivva López, 2007, p.37)

“Al elegir las características de la mezcla debería tenerse en importancia las condiciones de colocación, la calidad y vivencia del personal profesional y técnico, la interrelación entre las múltiples características del concreto, así como la importancia de que el concreto debería ser económico no solo en su primer precio sino además en sus futuros servicios”. (Rivva López, 2007, p.37)

“En las secciones y acápites siguientes se analizan ciertos de los primordiales puntos que poseen predominación sobre las primordiales características del concreto”. (Rivva López, 2007, p.37).

2.2.5.3. Concreto Fresco

2.2.5.3.1. Trabajabilidad

“Se entiende por trabajabilidad a aquella propiedad del concreto al estado no endurecido la cual establece su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado correctamente, con un mínimo de

trabajo y un mayor de homogeneidad, así como para ser destruido sin que se presenten segregación”.

(Rivva López, 2007, p.37)

“La trabajabilidad es una propiedad que no es mensurable ya que está dedicada a las propiedades y perfil del encofrado, a la porción y repartición del acero de refuerzo y recursos embebidos, y al método empleado para compactar el concreto”. (Rivva López, 2007, p.37)

“No obstante, para facilidad de trabajo y de selección de las proporciones de la mezcla, se reconoce que la trabajabilidad se refiere a el contenido de cemento en la mezcla, con las propiedades, granulometría, interacción de los agregados fino - grueso, y proporción del añadido en la mezcla, con la proporción de agua y aire en la mezcla con la existencia de aditivos, y con las condiciones del medio ambiente”.

(Rivva López, 2007, p.38)

2.2.5.3.2. Segregación

"La densidad entre los elementos de concreto determina la tendencia natural a disminuir las partículas más duras, pero la densidad de pastas con agregados finos es un 20% menor que el grosor (para los agregados normales) agregada a la viscosidad. Una

gran ventaja está colgada y bloqueada en la matriz
”(Passquel Carbajal, 1998-1999, p.137)

"Como la viscosidad del mortero es insuficiente, las partículas malas o la división débil de los gránulos, la viscosidad del mortero disminuye y las partículas gruesas se distribuyen por el mortero y cómo se conoce la separación. En comparación con el peso total del agregado, el concreto con 55% de peso es diferente y no es necesario convertir a más del 6% comparando el contenido grueso del lavado. "(Pasquel Carbajal, 1998-1999, 1998- 1999, p.139)

2.2.5.3.3. Exudación

"Parte del agua mezclada se separa de la masa y sube a la superficie del hormigón". Este es un caso clásico de precipitación, en el que el endurecedor se deposita en la masa plástica. Este fenómeno está influenciado por las leyes físicas del flujo de líquidos en los sistemas capilares y no se ve afectado por las diferencias de viscosidad y densidad. (Pasquel Carvajal, 1998-1999, p. 139)

"Debido a que está afectado por la relación de finura del agregado y la finura del cemento, cuanto más fina es la molienda y mayor es la proporción de material menor que la malla no. 100, menos exudado se

produce”. Se conserva el agua de la mezcla” (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.139)

“En el hormigón, la exudación es inevitable porque es una característica inherente a la composición del hormigón. Por lo tanto, es de suma importancia evaluarla y controlarla debido a sus efectos negativos” (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.139)

2.2.5.3.4. Contracción

"Es una de las características más relevantes en la funcionalidad de las desventajas de las grietas que a menudo involucran" (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.140).

"Ya he notado que la pasta de cemento se libra con precisión debido a la reducción del volumen inicial de agua por la mezcla química, y esto se llama contracción intrínseca, que es un proceso irreversible" (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.140)

(Torre, 2004) "Sin embargo, hay otro tipo de contracción inherente a la pasta de cemento y se llama la contracción de secado, que es responsable de la mayoría de las grietas, porque pasa mucho en el estado plástico, como en el refuerzo Si la pérdida de agua es posible en la mezcla "

"Este proceso no es irreversible, porque, si el agua se pierde mediante el secado, se renova, se recupera una

parte importante de la contracción" (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.140).

"Esta propiedad se discutirá mucho cuando llegue al problema de los cambios volumétricos en el concreto, siendo lo importante en este capítulo, para ser claro que el concreto de alguna manera se contrae y si no tomamos las medidas correctas, es la Crack y en varios casos, esta figuración es inevitable, por lo que solo queda para proporcionarla y guiarla "(Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.140).

2.2.5.4. Concreto Endurecido

2.2.5.4.1. Elasticidad

(TORRE, 2004) "Generalmente, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación persistente. El concreto no es un material flexible estrictamente hablando, debido a que no posee un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, no obstante, convencionalmente se acostumbra conceptualizar un "Modulo de elasticidad estático" del concreto por medio de una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que junta los principios del diagrama con un punto predeterminado que comúnmente es un % de la tensión ultima.

Los módulos de elasticidad habituales oscilan entre 250,000 a 350,000 Kg/cm² y permanecen relacionadas directa

con la resistencia en compresión del concreto y relacionadas inversas con la interacción agua/cemento.”

“Conceptualmente, las mezclas más ricas poseen módulos de Elasticidad más grandes y más grande capacidad de deformación que las mezclas pobres. La regla que instituye como establecer el Módulo de elasticidad estático del concreto es la ASTM C-469”.
(Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.140)

2.2.5.4.2. Resistencia

“Es función de la resistencia a la carga y a la fuerza, lo que supone un mejor comportamiento en compresión respecto a la tracción debido a las propiedades adhesivas de la pasta de cemento” (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.141).

"Esto se debe principalmente a la concentración de la pasta de cemento, expresada como interacción agua/cemento en peso". (Pasquel Carvajal, 1998-1999, p.141)

“También está influenciado por los mismos componentes que afectan las propiedades de resistencia de la pasta, como la temperatura y el envejecimiento, así como el tipo y las propiedades de resistencia del cemento específico utilizado y otros recursos adicionales creados por la calidad del

agregado. "Composición del hormigón". (Pasquel Carvajal, 1998-1999, p.141)

“El componente indirecto, aunque fundamental para la durabilidad, es el endurecimiento. Es un coadyuvante del proceso de hidratación y por tanto no puede desarrollar plenamente las propiedades de durabilidad del hormigón (Pasquel Carvajal, 1998-1999, p.141).

"El hormigón normal normalmente tiene una resistencia a la compresión en el rango de 100 a 400 kg/cm², y la optimización del diseño se puede lograr sin aditivos para lograr resistencias de 700 kg/cm² o más" (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p. 141) .

"Con una tecnología llamada polímeros, que consiste en aglutinantes sintéticos añadidos a la mezcla, podemos lograr resistencias a la compresión de alrededor de 1.500 kg/cm², y el desarrollo de estos métodos demuestra que podemos lograr resistencias a la compresión incluso superiores. Los niveles serán en el futuro”. (Pasquel Carbajal, 1998-1999, p.141)

2.2.5.4.3. Extensibilidad

"La característica del hormigón es que puede deformarse sin agrietarse. Se define como la tensión unitaria máxima que el hormigón puede soportar sin agrietarse. "Esto se debe a los flujos dúctiles y plásticos que se producen debido a la deformación del

hormigón bajo carga constante durante este tiempo".

(Pasquel Carvajal, 1998-1999, p.143)

"A pesar de ser dos fenómenos nominalmente independientes, el flujo plástico es parcialmente recuperable y tiene características relacionadas con la contracción". "Las microfisuras suelen aparecer con aproximadamente un 60% de tensión máxima y una deformación de 0,0012, mientras que en los casos convencionales aparecen grietas visibles con una deformación de 0,003". (Pasquel Carvajal, 1998-1999, p.143)

2.2.6. Climas Fríos

(El Comité 306 del American Concrete Institute (ACI) define el clima frío como un período en el que las siguientes condiciones persisten durante tres o más días consecutivos:

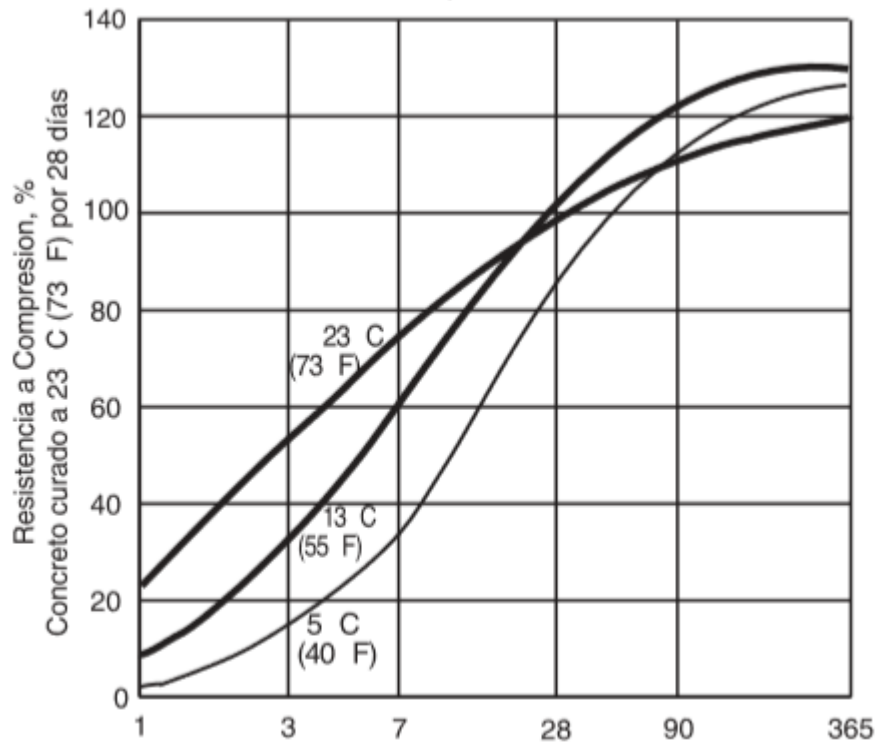
La temperatura ambiente promedio es inferior a 40 °F (4 °C). Las temperaturas no deben exceder los 10°C (50°F) durante más de 30 minutos en 24 horas. La temperatura diaria es el promedio de las temperaturas más altas y más bajas desde medianoche hasta medianoche.

(Comité ACI 306 (Instituto Americano del Concreto) "Efectos de las bajas temperaturas en las propiedades del concreto curado" está reconocido en el Informe ACI 306 R-88 306 sobre "Compra de concreto a bajas temperaturas". En climas fríos, se recomienda que el El hormigón se vierte a temperaturas más frías y bajas. El hormigón colocado a bajas temperaturas (5 a 13 °C (40 a 55 °F)) resiste

las heladas y se endurece durante un largo período de tiempo, proporcionando alta resistencia y durabilidad.

Gráfico 3

Efectos de bajas temperaturas en la resistencia a la compresión del concreto



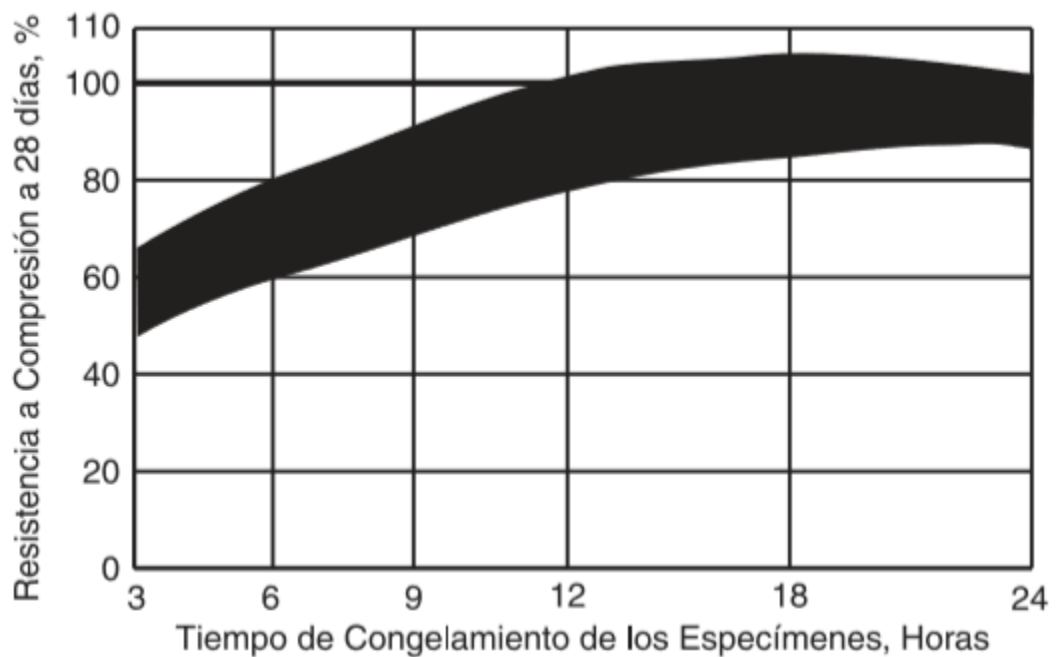
Fuente: Portland Cement Association -PCA, (2004), “(El Comité 306 del ACI (American Concrete Institute))”

“El tiempo de fraguado, la resistencia y las propiedades de durabilidad del hormigón sin protección se ven significativamente afectados a temperaturas bajo cero. Concreto: No se deben exceder los límites de relación agua/cemento recomendados en ACI 201.2 R92, "Guía para concreto duradero"; si están saturados, siempre que se superen. con un adecuado arrastre de aire o sometido a ciclos de congelación y descongelación durante el servicio (ver ACI 201.2 R - 92), si se congela, la resistencia a la compresión puede reducirse en un 50% después de 28 días. Si cae por debajo de -2°C (29°F).) y permanece intacta el tiempo suficiente para que se forme hielo, la mezcla se congela en un estado

plástico. Después de que se forma el hielo, ya no se produce la hidratación normal y tiene un impacto significativo en el tiempo de fraguado del concreto. Es una locura. El hormigón resistente a las heladas no se dañará con un solo ciclo de congelación hasta que su resistencia a la compresión sea de al menos 3,5 MPa (500 psi o 35,6 kg/cm²).

Gráfico 4

Efectos del concreto congelado en la resistencia a compresión

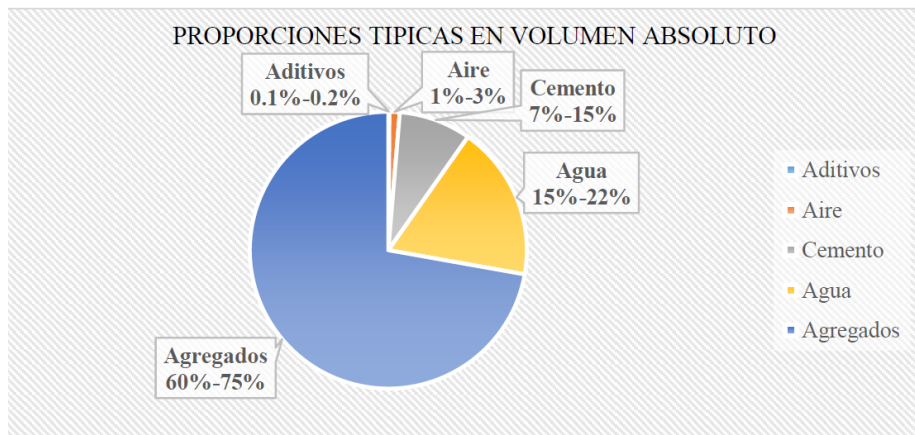


Fuente: Nasser K.W. (1973)

(El Comité 306 del ACI (American Concrete Institute) “Proporciones típicas del concreto: Es una mezcla de cemento, agregados (fino y grueso), aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas; y algunas veces se añaden sustancias llamados aditivos que mejoran o modifican las propiedades del concreto (Abanto Castillo, pag.11)

Gráfico 5

Proporciones típicas en volumen de los componentes del concreto



Fuente: Pasquel C. (2011)

2.2.7. Calor de Hidratación

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), “Durante el proceso de hidratación se producen reacciones químicas exotérmicas. Es decir, la reacción de liberación de calor hace que el hormigón se endurezca y aumente su temperatura. Este aumento es particularmente importante para la construcción de estructuras que requieren grandes cantidades de hormigón, como presas y pavimentos. Esto se debe a que a medida que se produce el curado y desciende la temperatura, el material se encoge, lo que puede provocar grietas. Y el cañón.

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), “El calor de hidratación se define como la cantidad de calor (en calorías) por gramo de cemento seco después de una hidratación completa a una temperatura determinada. Depende de la composición del cemento y es aproximadamente igual a la suma de los calores de hidratación de los compuestos individuales. Los procedimientos de medición se describen en NTC117 y ASTM C186.

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "El primer compuesto que reacciona con el agua es el aluminato tricálcico (C3A), que forma pequeñas agujas de etringita (sulfoaluminato de calcio) alrededor de los granos de cemento cuando

están presentes en el yeso. Al final de este proceso se coloca la pasta de cemento. Los siguientes compuestos que reaccionan son la alita (C3S) y la belita (C2S), y estas reacciones ocurren al final del endurecimiento de la pasta, estas reacciones son importantes para el desarrollo continuo y sostenible del hormigón o mortero. La hidratación de los silicatos también produce hidróxido de calcio o portlandita (CH), producto que no contribuye al desarrollo de la resistencia mecánica de la pasta de cemento, pero aporta la alcalinidad necesaria para proteger las barras de armadura incrustadas en la portlandita de la pasta de cemento. sí mismo. . El cemento hidratado constituye entre el 20 y el 25% del total de sólidos de la pasta, por lo que se puede decir que envejece hasta 3 días.

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), “La relación agua/cemento, la finura del cemento y la temperatura establecida también son factores que influyen. El calor de hidratación aumenta al aumentar la finura, el contenido de cemento y la temperatura de fraguado. El cemento puede acumular calor durante muchos años y la generación de calor es mayor cuando los niños son pequeños. En los primeros tres días se genera una gran cantidad de calor, la máxima producción de calor suele producirse en las primeras 24 horas. Si este calor no se elimina rápidamente, la temperatura del hormigón puede aumentar significativamente. Este aumento de temperatura puede ser indeseable porque puede causar que la masa de concreto se enfríe de manera desigual a temperatura ambiente después del curado, lo que resulta en tensiones de tracción innecesarias.

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "Por otro lado, el aumento de la temperatura del hormigón debido al calor de hidratación ayuda a mantener las temperaturas adecuadas para el curado y, a menudo, es beneficioso en climas fríos porque se pueden seleccionar materiales para minimizar o maximizar el calor de

hidratación según sea necesario. El alto contenido de aluminato de calcio y tricálcico genera más calor que otros cementos. "El silicato tricálcico o aluminato tricálcico genera químicamente calor a un ritmo mayor que el silicato dicálcico u otros tipos de cementos compuestos".

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "En términos de controlar la hidratación del aluminato de calcio, la cantidad de sulfato afecta la tasa de liberación de calor. La alta precisión da como resultado una gran superficie de humectación, lo que acelera la reacción entre el cemento y el agua. Otros factores que afectan la generación de calor en el concreto incluyen la composición del cemento, la relación agua-cemento, las temperaturas de colocación y curado, la presencia de minerales y aditivos químicos y las dimensiones de los elementos estructurales.

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "El calor de hidratación del cemento es un factor muy importante en el fraguado del hormigón y depende mucho del tipo de cemento y materiales utilizados en la mezcla, pero es importante controlarlo para evitar problemas con los hormigones".

2.2.8. Fisura

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "El fenómeno de las grietas en el hormigón siempre plantea cuestiones cualitativas relacionadas con la integridad del material y su comportamiento ante la presencia de eventos externos que pueden afectarlo, ya sea su durabilidad o su estética". Debido a que el concreto está compuesto de materias primas de diferentes fuentes, es un material heterogéneo que exhibe un comportamiento de aflojamiento o asentamiento que eventualmente puede conducir al agrietamiento".

Gráfico 6

Patología contracción placa tránsito peatonal



Fuente: Obtenido de <https://360enconcreto.com>. “*QUÉ ES LA RETRACCIÓN O CONTRACCIÓN DEL CONCRETO, CÓMO SOLUCIONARLA Y EVITARLA*”

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "La experiencia y la investigación sobre este aspecto revelaron cinco razones por las que se produce este fenómeno. Controlar la contracción espontánea, la contracción plástica, la contracción por secado, la contracción térmica, la contracción por carbonatación, etc. significa controlar el fenómeno de agrietamiento".

Fases de la retracción

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), “La contracción o retracción consta de dos etapas. La primera etapa es la acción del hormigón para resistir la contracción o retracción durante la fabricación, transporte, colado y endurecimiento. En la segunda etapa, después de 24 horas, otras funciones están involucradas en el problema. (CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "Los componentes del hormigón están formados por un material cementoso funcional

llamado pasta, que sirve para unir los demás componentes y asegurar la durabilidad esperada del material. Sin embargo, para lograrlo se utiliza la hidratación química, que produce calor mediante un comportamiento exotérmico. Desarrolla una respuesta. Otro elemento de la mezcla de hormigón es la presencia de agua. Un metro cúbico de hormigón contiene unos 175 litros de agua (sin incluir los aditivos), de los cuales entre el 24 y el 28% se destina a la hidratación del cemento. El resto tiene características diferentes que hacen que el concreto tenga un mejor desempeño durante la producción, transporte y vertido. Esto significa que parte del agua restante definitivamente abandonará la mezcla debido a un fenómeno de evaporación.

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), “Los agregados son las cosas pequeñas y toscas que llamamos 'estructura de mampostería de concreto' y desempeñan un papel importante en este proceso material. Su estructura inherentemente porosa puede retener el agua, provocando un efecto de sedimentación o hundimiento. "El agua extraída de la matriz del hormigón es otro ingrediente que puede provocar este tipo de daños porque genera tensiones internas en su interior".

¿Cómo se comporta el Concreto durante la contracción o retracción?

El concreto endurece con el paso del tiempo; (CIPRIANO LONDOÑO – 2017), “El estado inicial es líquido y trabajable, y la hidratación del cemento es inferior al 2%, por lo que la evaporación de la humedad es nula o lenta. A medida que avanza la reacción de hidratación química que genera calor, la matriz del concreto comienza a liberar agua a través de la transpiración, la evaporación o una combinación de ambas.

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), “Como resultado de este comportamiento, el material desarrolla tensiones de tracción internas debido a la

evaporación o fuga de agua. Esto es visible en la superficie y en algunos casos puede provocar cambios estéticos. Sin embargo, dependiendo del artículo y el tamaño, puede ser un tema delicado que requiere una consideración detallada”.

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), “El hormigón tiene propiedades que están directamente relacionadas con el ambiente en el que se desarrolla el proceso de fundición, el tiempo de fraguado y la madurez final. Las condiciones climáticas o ambientales durante la fundición incluyen componentes como la humedad relativa, la temperatura y la velocidad del viento que afectan al material y, combinados con la temperatura del hormigón, determinan su comportamiento final durante o después de la contracción.

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), “La razón es que la tasa de evaporación del agua del concreto aumenta, y esto hace que el material se seque más rápido y las tuberías se vuelven visibles dentro de la matriz, ya sea como grietas en la superficie o como un cambio de volumen. El último factor”

Gráfico 7

Fisura de contracción en un cilindro extraído de una placa



Fuente: Obtenido de <https://360enconcreto.com>. “QUÉ ES LA RETRACCIÓN O CONTRACCIÓN DEL CONCRETO, CÓMO SOLUCIONARLA Y EVITARLA”

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "Muchas investigaciones realizadas por expertos nos han permitido comprender este fenómeno y crear un producto que nos permite controlar el movimiento interno de la masa de concreto, ya sea fresca o mezclada con concreto después del vertido, lo que resulta en una mejor solución". Si se utiliza correctamente, puede ser una alternativa para este propósito".

La contracción o retracción nulas (CIPRIANO LONDOÑO – 2017), “son un tema en el cual los avances seguramente continúan en desarrollo, buscando lograr que este fenómeno no siga causando problemas en nuestras estructuras”.

¿Cómo mitigar los efectos de la retracción y la contracción del concreto?

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), “Las medidas que se pueden tomar ahora como recomendaciones para reducir la contracción y sus efectos se relacionan con el concepto de concreto durante el diseño y la construcción.

- Plantear un diseño de mezcla en el cual la relación a/mc (agua/material cementante), sea la más adecuada, sin que esto signifique la más baja, ya que esto no garantiza necesariamente que no se presente el fenómeno”.

Los agregados no son completamente inertes (CIPRIANO LONDOÑO – 2017). "El agregado es un material que participa en muchos aspectos del concreto. Para los fenómenos de contracción y expansión reales, no sólo la tasa de absorción de agua sino también la cantidad de agregado por metro cúbico puede ser importante porque puede afectar las tensiones internas de la matriz del concreto.

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), “El contenido de la pasta también es importante porque regula el calor de la mezcla. La tendencia actual de utilizar materiales cementosos suplementarios (SCM) es una excelente alternativa para mitigar estos problemas”.

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "Por otro lado, el proceso de construcción es importante. Iniciar el tratamiento lo antes posible es una forma de evitar que los síntomas se agraven demasiado. El uso de materiales con la capacidad de crear una película protectora u otros métodos de procesamiento es una medida de control importante.

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "Es importante medir las tasas récord de evaporación antes del lanzamiento y varios días antes del lanzamiento para tomar las medidas adecuadas que ayuden a mitigar esta situación".

La planificación previa, (CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "A veces utilizar una barrera protectora que se derrite a temperaturas menos agresivas es la respuesta a situaciones que no se pueden ignorar y es una gran alternativa de control que aumenta el material y la durabilidad".

Realizar pruebas previas (CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "para conocer cómo puede llegar a comportarse el material, frente a este fenómeno es una buena práctica".

El uso en la mezcla de materiales desarrollados para la mitigación (CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "como las fibras, es otra alternativa favorable.

Gráfico 8

Fisura por contracción placa de entrepiso



Fuente: Obtenido de <https://360enconcreto.com>. "QUÉ ES LA RETRACCIÓN

O CONTRACCIÓN DEL CONCRETO, CÓMO SOLUCIONARLA Y EVITARLA"

Finalmente, se pueden hacer predicciones mediante pruebas (norma ASTM C157 – NTC 3938), que pueden confirmar el comportamiento general del

material y proporcionar un punto de referencia para futuras inspecciones de diseño. "Existen formas técnicamente válidas de reducir este comportamiento de manera que se minimice el daño cosmético".

(CIPRIANO LONDOÑO – 2017), "La tecnología del hormigón es la herramienta adecuada que proporciona buenas soluciones si se utiliza correctamente. El proceso constructivo también es una parte clave para conseguir buenos resultados y controlar las lesiones que puedan producirse".

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Ábaco

(MVCS, 2020) “Engrosamiento de la losa en su apoyo sobre la columna. La proyección del enumerador por abajo de la losa debería ser de al menos una cuarta parte del espesor de la losa fuera del enumerador”

2.3.2. Aditivo

(MVCS, 2020) “Material diferente del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, usado como elemento del concreto, y que se incorpora a éste anteriormente o a lo largo de su mezclado con la intención de cambiar sus características”

2.3.3. Aditivo acelerante

(MVCS, 2020) “Sustancia que al ser añadida el concreto, mortero o lechada, acorta la época de fraguado, aumentando la rapidez de desarrollo inicial de resistencia”

2.3.4. Aditivo incorporador de aire

(MVCS, 2020) “Es el aditivo cuyo objetivo es integrar aire a modo de burbujas esferoidales uniformemente distribuidas en la mezcla, con el objetivo primordial de realizarlo resistente a las heladas”

2.3.5. Aditivo retardador

(MVCS, 2020) “Aditivo que alarga la época de fraguado”

2.3.6. Agregado

(MVCS, 2020) “Material granular, de procedencia natural o artificial, como arena, grava, roca triturada y escoria de hierro de elevado horno, empleado con un medio cementante para conformar concreto o mortero hidráulico”

2.3.7. Agregado denominado Hormigón

(MVCS, 2020) “Material compuesto de grava y arena empleado en su forma natural de sustracción”

2.3.8. Agregado Fino

(MVCS, 2020) “Añadido perteneciente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8”)”

2.3.9. Agregado Grueso

(MVCS, 2020) “Añadido retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4), perteneciente de la desintegración natural o mecánica de las piedras”

2.3.10. Agregado liviano

(MVCS, 2020) “Añadido con una densidad una vez que está seco y suelto de 1100 kg/m³ o menos”

2.3.11. Arena

(MVCS, 2020) “Agregado fino, perteneciente de la desintegración natural de las piedras”

2.3.12. Capitel

(MVCS, 2020) “Ensanche de la parte preeminente de la columna”

2.3.13. Carga de servicio

(MVCS, 2020) “La carga (sin amplificar) especificada en la Regla NTE. E.020 Cargas, del Reglamento Nacional de Construcciones”

2.3.14. Cemento

(MVCS, 2020) “Material pulverizado que por aumento de una porción correcto de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos”

2.3.15. Cemento Portland

(MVCS, 2020) “Producto obtenido por la pulverización del clinker portland con el aumento ocasional de sulfato de calcio. Se admite la añadidura de otros productos que no excedan del 1% en peso del total continuamente que la regla que corresponde establezca que su integración no perjudica las características del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el Clinker”

2.3.16. Cemento Portland Puzolánico

(MVCS, 2020) “Es el cemento Portland que muestra un porcentaje adicionado de puzolana”

2.3.17. Concreto

(MVCS, 2020) “Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, añadido fino, añadido grueso y agua, con o sin aditivos”

2.3.18. Concreto estructural

(MVCS, 2020) “Todo concreto usado con fines estructurales incluyendo al concreto sencilla y al concreto reforzado”

2.3.19. Concreto armado o reforzado

(MVCS, 2020) “Concreto estructural reforzado con no menos de la porción mínima de acero, preesforzado o no”

2.3.20. Concreto simple

(MVCS, 2020) “Concreto estructural sin armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo detallado para concreto reforzado”

2.3.21. Concreto estructural liviano

(MVCS, 2020) “Concreto con añadido liviano que cumple con lo detallado en 3.3, y tiene una densidad de equilibrio, definida por —Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete (ASTM C 567), que no excede 1850 kg/m³”

2.3.22. Concreto de Peso Normal

(MVCS, 2020) “Es un concreto que tiene un peso aproximado de 2300 Kg/m³”

2.3.23. Concreto Ciclópeo

(MVCS, 2020) “Es el concreto sencilla en cuya masa se unen rocas enormes”

2.3.24. Concreto de Cascote

(MVCS, 2020) “Es el construido por cemento, añadido fino, cascote de ladrillo y agua”

2.3.25. Concreto Premezclado

(MVCS, 2020) “Es el concreto que se dosifica en planta, que podría ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra”

2.3.26. Concreto Preesforzado

(MVCS, 2020) “Concreto estructural al que se le han introducido esfuerzos internos con el objeto de minimizar los esfuerzos potenciales de tracción en el concreto provocados por las cargas”

2.3.27. Dispositivo de Anclaje

(MVCS, 2020) “En postensado, el dispositivo utilizado para transferir la fuerza de postensado a partir del acero de preesforzado al concreto”

2.3.28. Grava

(MVCS, 2020) “Añadido grueso, perteneciente de la desintegración natural de los materiales pétreos. Está habitualmente en canteras y lechos de ríos, depositado en forma natural”

2.3.29. Junta de contracción

(MVCS, 2020) “Muestra moldeada, aserrada o labrada en una composición de concreto para producir un plano de postración y regular la localización del agrietamiento resultante de las variaciones dimensionales de las distintas piezas de la composición”

2.3.30. Junta de expansión

(MVCS, 2020) “División entre piezas adyacentes de una composición de concreto, comúnmente un plano vertical, en una localización determinada en el diseño de tal modo que interfiera al mínimo con la conducta de la composición, y simultáneamente posibilite movimientos relativos en 3 direcciones y evite la formación de fisuras en otro sitio del concreto y por medio de la cual se interrumpe parte o todo el refuerzo adherido”

2.3.31. Pasta de Cemento

(MVCS, 2020) “Es una mezcla de cemento y agua”

2.3.32. Plástico

(MVCS, 2020) “El plástico es un material construido por compuestos orgánicos, sintéticos que poseen la propiedad de ser maleables y por consiguiente tienen la posibilidad de ser moldeados”

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- Utilizando el cemento tipo I reduce el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperatura y revela mejores resultados de las propiedades y características versus cemento puzolánico.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Utilizando el cemento tipo I revela mejores resultados a la resistencia a la compresión del concreto versus cemento puzolánico por la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas.
- Utilizando la dosificación optima el cemento tipo I revela mejores resultados versus cemento puzolánico por la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas.
- Utilizando el cemento tipo I mejora las probabilidades físicas del concreto fresco versus cemento puzolánico por la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas.
- Utilizando el cemento tipo I mejora las probabilidades físicas del concreto fresco versus cemento puzolánico por la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

La variable independiente es “X” Cemento Tipo I y Cemento Pozolánico, debido a que puede variar los parámetros de diseño, considerado como características del concreto, con las siguientes dimensiones

- Calor de hidratación.
- Resistencia a la compresión.
- Fragua inicial.
- Comportamiento de probabilidades físicas del concreto fresco.
- Temperatura inicial del concreto.

2.5.2. Variable dependiente

La variable dependiente es “Y” considerado como las mejoras en las características del concreto, comportamiento mecánico del concreto con las siguientes dimensiones:

- Granulometría.
- Módulo de fineza.
- Peso específico.
- Porcentaje de aire
- Agua.
- Diseño de mezcla.
- Relación agua cemento.
- Resistencia a la compresión.
- Trabajabilidad.
- Impermeabilidad

2.5.3. Variable interviniente

Las variables intervinientes son:

- Ingeniero Laboratorista.
- Técnico Laboratorista.
- Tesista.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 4

Matriz de Operacionalización de Variables

Variable independiente	Definición Operacional	Indicadores
Calor de Hidratación	Se define como la cantidad de calor en calorías por gramo de cemento deshidratado, después de una hidratación completa a una temperatura dada. Depende de la composición del cemento y es aproximadamente igual a la suma de los calores de hidratación de los compuestos individuales.	1. Especificaciones técnicas. 2. Diseño de mezcla. 3. Norma ACI 4. NTP 339.034 5. Norma E-060
Resistencia a la comprensión	Ésta es la propiedad mecánica más importante del hormigón. Se define como la capacidad de soportar una carga por unidad de área, generalmente expresada en kg/cm ² , MPa y, a veces, tensión expresada en libras por pulgada cuadrada (psi). Para determinar f _c , es el promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas fabricadas a partir de la misma probeta de hormigón y ensayadas después de 28 días o en un período de prueba específico.	1. Especificaciones técnicas. 2. Diseño de mezcla. 3. Valor de la resistencia a la comprensión con unidad de kilogramo por cada centímetro cuadrado. 6. Norma ACI 7. NTP 339.034 8. Norma E-060

Fragua inicial	<p>La primera etapa del endurecimiento del concreto se llama endurecimiento temprano, esta es la etapa en la que el concreto comienza a endurecerse, pero pierde su flexibilidad en la superficie. Este curado inicial se ve afectado por la humedad, temperatura, viento, etc. Probablemente eran alrededor de las 10 en punto.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Especificaciones técnicas. 2. Diseño de mezcla. 3. Valor de la resistencia a la compresión con unidad de kilogramo por cada centímetro cuadrado. 4. Norma ACI 5. NTP 339.034 6. Norma E-060
Comportamiento de propiedades físicas del concreto fresco.	<p>Se determina el diseño óptimo de la mezcla con el objetivo de mejorar sus propiedades y propiedades, como resistencia y trabajabilidad, que ayudan a determinar su comportamiento en climas extremos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Valor del porcentaje de resistencia y trabajabilidad del concreto. 2. Especificaciones técnicas. 3. Diseño de mezcla. 4. Valor de la resistencia a la compresión con unidad de kilogramo por cada centímetro cuadrado. 5. Norma ACI 6. NTP 339.034 7. Norma E-060
Temperatura inicial.	<p>Las especificaciones típicas requieren que la temperatura del concreto durante la colocación esté entre 10°C y 32°C. Sin embargo, se dan diferentes límites regulatorios según el tamaño del dispositivo y las condiciones ambientales (ACI 301, 207).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Termómetro ambiental. 2. Termómetro común 3. Especificaciones técnicas. 4. Diseño de mezcla. 5. Valor de la resistencia a la compresión con unidad de kilogramo por cada centímetro cuadrado. 6. Norma ACI 7. NTP 339.034 8. Norma E-060

Nota: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

Oseña (2011) "el tipo de estudio de la presente investigación es aplicada, porque persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías. Esta investigación busca conocer para hacer y para actuar"

El caso de la investigación se enfoca a resolver algunas patologías del concreto como fisuras las cuales se experimentarán de qué manera influye el calor de hidratación en la resistencia final usando cemento Tipo I frente al cemento Puzolánico en ciudades de bajas temperaturas.

3.2. Nivel de investigación

La presente investigación es de nivel explicativo-correlacional ya que se busca comparar el fenómeno (resistencia del concreto y calor de hidratación) a partir de causas particulares modificables que para este caso vienen a ser los componentes planteados (cemento tipo I y cemento puzolánico) y dar a conocer los resultados más favorables.

3.3. Método de investigación

Este proyecto de investigación se realizará con dos métodos de investigación, método de investigación cualitativa y cuantitativa.

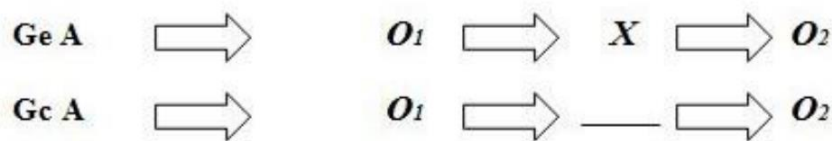
Es científico, por seguir procedimientos ordenados buscando la solución al problema, y generando nuevos conocimientos; basado en la observación, análisis de pruebas de laboratorio, toma de datos, y síntesis del comportamiento del calor de hidratación del concreto usando Cemento Tipo I y Cemento Puzolánico, alcanzando estándares de calidad, comparando datos y características de concreto con ambos tipos de cementos en cumplimiento estricto a las normas del ACI, NTP 339.034, Norma E 060 y del reglamento nacional de edificaciones.

3.4. Diseño de investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, analítico, experimental, tipo casos y controles. Esquema

Gráfico 9

Esquema de diseño experimental



Fuente. Elaboración propia.

DONDE:

- GeA: grupo de experimental
- Gc: grupo de control
- O: Observación pre-experimentación
- X: Tratamiento
- O: Observación post experimentación

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

- Cemento Portland Tipo I
- Cemento Portland Puzolánico
- Agregados pétreos
- Ubicación ciudades con bajas temperaturas.

Carrasco (2009) “es el conjunto de todos los elementos que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación”.

3.5.2. Muestra

Se obtuvo utilizando la técnica de muestreo probabilístico llamada muestreo aleatorio, de los distintos tipos de probetas.

Tamaño de muestra de $n=20$

- G1: 10 probetas con Cemento Portland Tipo I
- G2: 10 probetas con Cemento Portland Puzolánico
- Para asegurar que el grado de confiabilidad sea óptimo, se aplicará la desviación estándar por el factor 1.03 y se trabajará con un valor de $\alpha=0.05$. Debido a que se realizarán 2 ensayos, uno para determinar la resistencia axial del concreto con Cemento Portland Tipo I, y otro para la obtención de la resistencia axial del concreto con Cemento Portland Puzolánico.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

(ACI, 2018) “Se evaluará el Calor de Hidratación, comparar concretos con igual contenido de cemento, pero diferentes relaciones agua/cemento (a/c), las mezclas con elevadas a/c tienen más agua y espacio micro estructural disponible para la hidratación del cemento; por lo que se hidrata a un ritmo más

rápido, lo que da por resultado un aumento de la tasa de generación de calor. El incremento en el calor de la hidratación a los 7 días, como resultado de un aumento de la relación a/c de 0.4 a 0.6, es de aproximadamente un 11% para el cemento Tipo I, mientras que para cementos de moderado y bajo calor de hidratación, el efecto es mínimo. El efecto de la relación a/c es menor en comparación con el del contenido de cemento; sin embargo, con una menor relación a/c se consigue una mayor generación de calor en el concreto, con aumento del contenido de cemento. Las temperaturas más altas aceleran en gran medida la velocidad de hidratación y la tasa de liberación de calor a edades tempranas (menos de 7 días)”.

(ACI, 2018) “Para evaluar la resistencia del concreto en una composición, en particular una vez que la resistencia de los cilindros normalizados, modelados al pie de obra es baja, se ofrece sustraer probetas, (también denominados corazones) del concreto endurecido”

(ACI, 2018) “De vez en cuando, este método puede emplearse en diferentes casos, ejemplificando. Una vez que han ocurrido anomalías en el desarrollo de la obra, fallas de curado, aplicación temprana de cargas, incendio, construcciones viejas, o no se cuenta con registros de resistencia, etcétera”

3.6.1.1. Criterios Generales

(ACI, 2018) “El aumento de la temperatura del concreto se puede controlar mediante la selección de materiales y de prácticas de construcción apropiadas. Para el tiempo frío, el ACI 306R (Concreto en clima frío) recomienda un mínimo de mezclado, así como que la temperatura de colocación esté en función del tamaño de la pieza y de la

temperatura ambiente (conforme disminuyan las temperaturas y el espesor de los elementos, las condiciones serán más críticas)”

(M. I. SANCHEZ de ROJAS, M. FRÍAS y J. RIVE, 2011), La reacción de hidratación del cemento Portland es altamente exotérmica y provoca que la pasta se caliente. Durante el endurecimiento y el curado, la generación de calor es rápida y disminuye gradualmente a medida que la hidratación disminuye hasta la estabilización. Por ejemplo, el 50% de las fiebres ocurren dentro de los primeros 3 días y el 80% después de los 7 días (1). Sin embargo, durante las primeras horas se producen importantes fluctuaciones de temperatura, lo que provoca contracción y posterior agrietamiento, como se observa en algunas estructuras que utilizan grandes cantidades de hormigón o mezclas ricas en cemento (2). Varios componentes del cemento contribuyen a este aporte de calor debido al proceso de hidratación. Por lo tanto, el aluminato tricálcico a 207 cal/g y la cal libre a 279 cal/g absorben la mayor cantidad de calor, mientras que el silicato dicálcico genera la mayor cantidad de calor. Es el más cálido. Un valor inferior es 62 cal/g(1). Por lo tanto, el calentamiento durante la hidratación del cemento depende de la proporción de los distintos componentes. Por tanto, es importante conocer el contenido así como las sustancias añadidas como aditivos y determinar su cantidad. Por esta razón, cuando se elabora cemento con bajo calor de hidratación mediante la adición de puzolana, la selección del material agregado es un tema importante, como se señala en estudios previos (3-6). En este estudio se seleccionaron como referencia materiales de origen natural y artificial

(subproductos de fabricación o materiales activados térmicamente) y las propiedades puzolánicas del cemento Portland con carga caliza. .

(ACI, 2018) “Los testigos cilíndricos para ensayos de compresión se extraen con un equipo sonda provista de brocas diamantadas, una vez que el concreto ha adquirido suficiente resistencia para que a lo largo de el corte no se pierda la cohesión entre el añadido y la pasta. En todos los casos, el concreto tendrá que tener al menos 14 días de colocado. Tienen que tomarse 3 especímenes por cada resultado de resistencia que este por abajo de la resistencia a la compresión especificada del concreto (F'_{C})”

3.7. Instrumentos de recolección de datos

3.7.1. De la extracción

(ACI, 2018) “La sustracción debería desarrollarse en forma perpendicular a el área, cuidando que en el sector no existan juntas, ni estén próximas a los bordes. Deberán descartarse las probetas perjudicadas o defectuosas”

3.7.2. Geometría de las probetas

(ACI, 2018) “El diámetro de los testigos va a ser al menos 3 veces más grande que la medida más alto del añadido grueso utilizado en el concreto. La longitud del espécimen tendrá que ser tal que, una vez que se encuentre refrendado, sea fundamentalmente el doble de su diámetro. No deberán utilizarse testigos cuya longitud cantes del refrendado sea menor que el 95% de su diámetro. Van a poder emplearse testigos de 8.75 centímetros. De diámetro o más, para agregados más grandes de una pulgada.”

3.7.3. Preparación, curado, refrendado

(ACI, 2018) "Los núcleos deben tener superficies lisas paralelas entre sí y perpendiculares al eje de la muestra. Cualquier protuberancia o defecto en la superficie de prueba se eliminará mediante corte tan pronto como supere los 5 mm. ACI Si la composición de hormigón está seca en las condiciones de uso, el núcleo debe exponerse al aire (temperatura 15-30°C, humedad relativa inferior al 60%) durante 7 días antes de realizar la prueba. Se requiere una prueba en seco. Si el hormigón de la composición está superficialmente húmedo en las condiciones de trabajo, el núcleo se debe sumergir en agua durante al menos 48 horas y se debe realizar una prueba de humedad. Antes de la prueba de compresión, se deben firmar las muestras en ambos lados para obtener el área correcta. En este caso, se aplican los procedimientos ASTM C 17 y ASTM C 192. Las muestras de diamantes deben tener una precisión de 0,01 pulgadas. (0,25 mm) alguna vez fue posible, pero nunca a menos de 0,1 pulgada. A diferencia de la norma ACI, las reglas ASTM requieren que las muestras permanezcan húmedas durante 40 horas. historia de fracturas.

3.7.4. De los resultados y su corrección

(ACI, 2018) "La técnica que se uso es la recolección de datos será la de observación. Que nos permite reunir información a base de hechos desde el principio, que es cuando tenemos los materiales sin manipular, hasta el término de nuestro proyecto de investigación"

3.7.5. Evaluación de los resultados

Se elaborará en base a las NTP (Normas Técnicas Peruanas), que tienen la validación por parte del Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Se establece formatos que establecen las especificaciones o requisitos de calidad para la

estandarización de los productos, procesos y servicios. Las normas que se realizó son:

- NTP 339.033 (Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo)
- NTP 339.034 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas)
- NTP 339.035 (Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland)
- NTP 400.012 (Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global)

(ACI, 2018) “Según el Reglamento del ACI, el concreto del área representada por las pruebas de corazones, se estima estructuralmente idónea si el promedio de los 3 corazones es al menos igual al 85% de la resistencia especificada ($f'c$) y ningún corazón tiene una resistencia menor del 75% de la resistencia especificada ($f'c$). Con el objeto de verificar la exactitud de las pruebas, tienen la posibilidad de volver a probar regiones representativas de resistencias erráticas de los corazones”

3.8. Tratamiento estadístico

Sobre el tratamiento estadístico, se utilizarán solo muestras que estén dentro del rango de 10% positivo y negativo en relación a la media de muestras del proyecto.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

- El crédito brindado a los antecedentes realizados con anterioridad se encuentra debidamente reconocidos mediante citas.

- Durante la recolección de datos dado en el laboratorio, se usaron los equipos de protección personal correspondientes a fin de salvaguardar la integridad física.
- No se dañó ningún equipo facilitado por la UNDAC en la realización de la presente investigación.
- Mi persona, quien realiza la presente investigación se compromete a respetar la veracidad de los resultados obtenidos y por ningún motivo se realizarán sabotajes beneficiosos.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El diseño de mezcla se realizó con el método ACI 211, siguiendo las tablas que se mencionan a continuación.

Tabla 5

Asentamientos según tipos de construcciones

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y Muros de cimentación reforzados.	3"	1"
Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	3"	1"
Vigas y Muros reforzados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Pavimentos y losas	3"	1"
Concreto cilípeo	2"	1"

Nota: Tomado y adaptado de *Diseño de Mezclas* por Enrique Rivva, 1992.

Tabla 6*Volumen unitario de agua*

		Agua en función del asentamiento y el tamaño máximo nominal							
SIN AIRE	Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1 "	1 1/2"	2 "	3 "	6 "
	0 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
	3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124
	5 a más	243	228	216	202	190	178	160	
CON AIRE	Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1 "	1 1/2"	2 "	3 "	6 "
	0 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
	3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
	5 a más	216	205	197	184	174	166	154	

Nota: Tomado y adaptado de *Diseño de Mezclas* por Enrique Rivva, 1992.

Tabla 7*Aire atrapado en función del tamaño máximo nominal*

TMN	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1 "	1.5%
1 1/2"	1.0%
2 "	0.5%
3 "	0.3%
6 "	0.2%

Nota: Tomado y adaptado de *Diseño de Mezclas* por Enrique Rivva, 1992.

Tabla 8*Contenido de aire en función de la exposición*

TMN	Cont. Aire Total		
	SUAVE	MODERADA	SEVERA
3/8"	4.5 %	6.0 %	7.5 %
1/2"	4.0 %	5.5 %	7.0 %
3/4"	3.5 %	5.0 %	6.0 %
1 "	3.0 %	4.5 %	6.0 %
1 1/2"	2.5 %	4.5 %	5.5 %
2 "	2.0 %	4.0 %	5.0 %
3 "	1.5 %	3.5 %	4.5 %
6 "	1.0 %	3.0 %	4.0 %

Nota: Tomado y adaptado de *Diseño de Mezclas* por Enrique Rivva, 1992.

Tabla 9*Relación agua/cemento según la resistencia*

	W/C	
f _{cr}	SIN AIRE	CON AIRE
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Nota: Tomado y adaptado de *Diseño de Mezclas* por Enrique Rivva, 1992.

Tabla 10*Selección del volumen de agregado grueso*

	VOL AGREG GRUESO PARA MF			
TMN	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota: Tomado y adaptado de *Diseño de Mezclas* por Enrique Rivva, 1992.

Tabla 11*Porcentaje de agregado fino*

	Agregado redondeado				Agregado Angular			
	Cemento (bls)				Cemento (bls)			
	5	6	7	8	5	6	7	8
Módulo de Fineza de 2.3 a 2.4								
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1 "	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2 "	36	33	31	29	43	40	38	36
Módulo de Fineza de 2.6 a 2.7								
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1 "	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2 "	37	35	33	32	45	42	40	38
Módulo de Fineza de 3.0 a 3.1								
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1 "	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1/2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2 "	42	38	36	34	49	46	44	42

Nota: Tomado y adaptado de *Diseño de Mezclas* por Enrique Rivva, 1992.

Como datos preliminares se requiere analizar las características de los agregados mediante los ensayos respectivos para obtener el peso específico, peso unitario suelto, peso unitario compactado, granulometría, porcentaje de absorción y contenido de humedad.

Ambos agregados fueron seleccionados de la cantera de Cochamarca perteneciente al distrito de Vicco, provincia Pasco, región Pasco.

Se realizaron dos diseños en la presente investigación: un diseño con cemento tipo I y un diseño con cemento puzolánico, contando cada diseño con 3 muestras para cada edad. Ambos concretos se analizaron en distintas edades, siendo estas: 7, 14, 28 y 49 días.

4.1.1. Descripción del proyecto

- Nombre de la tesis: “Impacto del Calor de Hidratación del Concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con Cemento Tipo I y Cemento Pozolánico”
- Ubicación:
 - Se ubica el laboratorio en el distrito de Yanacancha, exactamente en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. El distrito limita por el norte con el distrito de Yarusyacán, por el oeste con el distrito de Simón Bolívar, por el sur con el distrito de Chaupimarca y por el este con el distrito de Ninacaca.

4.1.2. Recolección de datos del proyecto

La recolección de datos se basa en formatos que fueron rellenos por observación de las resistencias obtenidas en las pruebas a compresión y medición de la temperatura de las probetas. El formato usado se presenta en la sección Anexos.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

El ensayo de granulometría se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión siguiendo las normas ASTM C136 y NTP 400.012. Se tuvo el mayor cuidado en seleccionar la muestra mediante cuarteo de modo que se tenga una muestra representativa, además de proteger las muestras de factores ambientales que puedan afectar los resultados. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el agregado fino.

Tabla 12

Granulometría del Agregado Fino

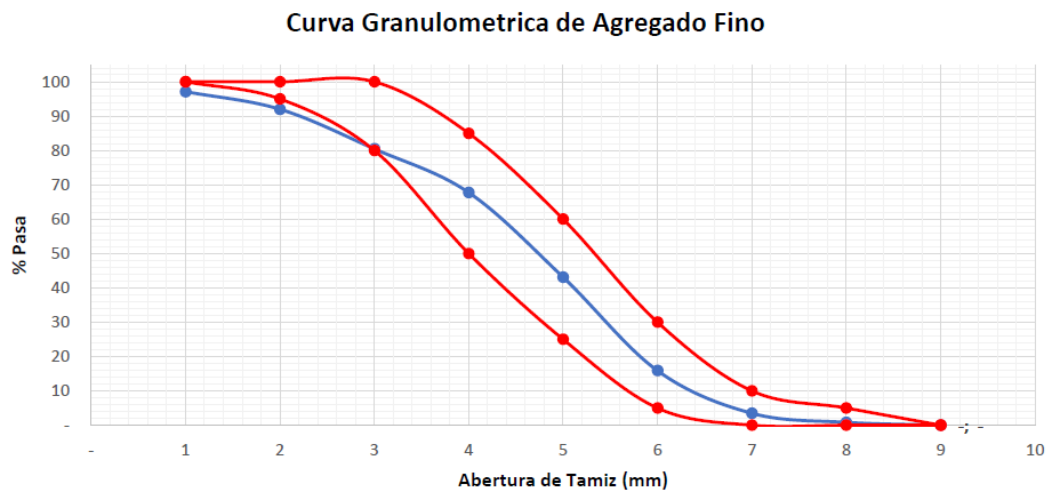
Tamiz Estandar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites (NTP 400.037)		
						Minimo	Maximo	
3/8"	9.500	14.20	2.87	2.87	97.13	100.00	100.00	
N° 4	4.750	25.40	5.13	8.00	92.00	95.00	100.00	
N° 8	2.360	57.12	11.54	19.55	80.45	80.00	100.00	
N° 16	1.180	62.88	12.71	32.25	67.75	50.00	85.00	
N° 30	0.600	121.91	24.64	56.89	43.11	25.00	60.00	
N° 50	0.300	134.70	27.22	84.12	15.88	5.00	30.00	
N° 100	0.150	61.40	12.41	96.52	3.48	-	10.00	
N° 200	0.075	13.10	2.65	99.17	0.83	-	5.00	
FONDO	-	4.10	0.83	100.00	-	-	-	
		494.810	100.000					
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:							3/8"	
MODULO DE FINURA:							3.00	

Nota: T.M.N. y Módulo de Finura obtenidos. Elaboración propia.

Se consideran datos puntuales al TMN y Módulo de Finura por ser requisitos para el diseño de mezcla, de los cuales se tiene la curva.

Gráfico 10

Curva granulométrica del agregado fino



Nota: Elaboración propia

Para el agregado grueso se tuvo los mismos cuidados y consideraciones al realizar los ensayos de los cuáles se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 13

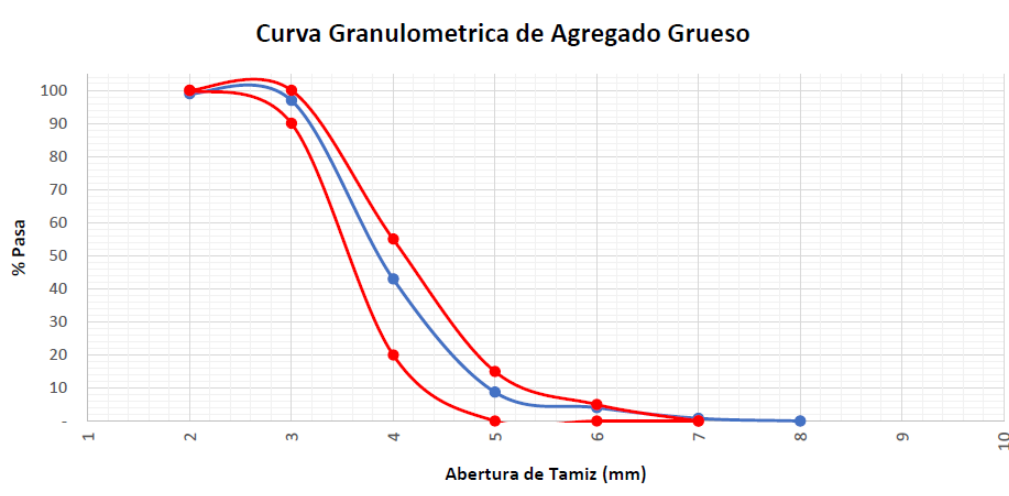
Granulometría del Agregado Grueso

Tamiz Estandar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites (NTP 400.037)		
						Mínimo	Máximo	
1 ½"	37.500							
1"	25.000	5.12	1.0	1.0	99.0	100.00	100.00	
¾"	19.000	10.22	2.0	3.1	96.9	90.00	100.00	
½"	12.500	269.9	54.0	57.0	43.0	20.00	55.00	
⅜"	9.500	171.1	34.2	91.3	8.7	-	15.00	
N° 4	4.750	23.5	4.7	96.0	4.0	-	5.00	
N° 8	2.360	16.1	3.2	99.2	0.8	-	-	
N° 16	1.180	4.1	0.8	100.0	-			
FONDO	-	-	-	100.0	-			
		500.030	100.000					
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:							1/2"	
MÓDULO DE FINURA:							6.90	

Nota: T.M.N. y Módulo de Finura obtenidos. Elaboración propia.

Gráfico 11

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota: Elaboración propia

4.2.1. Contenido de humedad de agregados

Es la cantidad de agua que contienen los agregados y que pueden producir excesos o carencias en la cantidad de agua adecuada para el correcto diseño. A continuación, se muestran los resultados para ambos agregados:

Tabla 14*Contenido de humedad del agregado fino*

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente	gr	432.12	432.12	432.12	432.12
Peso del recipiente + muestra humeda	gr	926.40	924.70	929.10	926.73
Peso del recipiente + muestra seca	gr	905.20	901.70	904.00	903.63
Peso muestra humeda	gr	494.28	492.58	496.98	494.61
Peso muestra seca	gr	473.08	469.58	471.88	471.51
Peso de agua	gr	21.20	23.00	25.10	23.10
Contenido de humedad	%	4.48%	4.90%	5.32%	4.90%

Nota: Elaboración propia

Tabla 15*Contenido de humedad del agregado grueso*

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente	gr	512.11	512.11	512.11	512.11
Peso del recipiente + muestra humeda	gr	2,939.12	2,941.15	2,938.71	2,939.66
Peso del recipiente + muestra seca	gr	2,931.91	2,931.97	2,929.78	2,931.22
Peso muestra humeda	gr	2,427.01	2,429.04	2,426.60	2,427.55
Peso muestra seca	gr	2,419.80	2,419.86	2,417.67	2,419.11
Peso de agua	gr	7.21	9.18	8.93	8.44
Contenido de humedad	%	0.30%	0.38%	0.37%	0.35%

Nota: Elaboración propia

4.2.2. Peso unitario suelto y peso unitario compactado

Es el cálculo de los pesos de agregados en dos tipos de escenarios, el primero es cuando las partículas del agregado se posicionan por su propio desplazamiento sin fuerzas que intervengan más que su propio peso, y el segundo caso es cuando el agregado se acomoda reduciendo los espacios entre sus partículas a causa de fuerzas externas. A continuación, se muestran los resultados para ambos agregados:

Tabla 16*P.U.s. y P.U.c. del agregado fino*

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente + muestra suelta	kg	20.850	20.520	20.270	20.547
Peso del recipiente + muestra apisonada	kg	22.700	21.340	22.070	22.037
Peso del recipiente	kg	5.970	5.970	5.970	5.970
Peso de muestra en estado suelto	kg	14.880	14.550	14.300	14.577
Peso de muestra en estado compactado	kg	16.730	15.370	16.100	16.067
volumen del recipiente	m3	0.009	0.009	0.009	0.009
Peso unitario suelto	kg/m3	1,653	1,617	1,589	1,620
Peso unitario compactado	kg/m3	1,859	1,708	1,789	1,785

Nota: Elaboración propia

Tabla 17*P.U.s. y P.U.c. del agregado grueso*

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente + muestra suelta	kg	23.420	23.470	23.450	23.447
Peso del recipiente + muestra apisonada	kg	24.100	24.340	24.320	24.253
Peso del recipiente de la muestra suelta	kg	7.880	7.880	7.880	7.880
Peso del recipiente de la muestra apisonada	kg	8.140	8.140	8.140	8.140
Peso de muestra en estado suelto	kg	15.540	15.590	15.570	15.567
Peso de muestra en estado compactado	kg	15.960	16.200	16.180	16.113
volumen del recipiente	kg	0.014	0.014	0.014	0.014
Peso unitario suelto	kg/m3	1,110	1,114	1,112	1,112
Peso unitario compactado	kg/m3	1,140	1,157	1,156	1,151

Nota: Elaboración propia

4.2.3. Peso específico y porcentaje de absorción

Datos necesarios para calcular la cantidad de agregados en peso o volumen que requiere el diseño de mezcla y también determinar la corrección de la humedad.

Tabla 18*P.e. y absorción del agregado fino*

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso de la muestra secada al horno	gr	486.10	486.30	486.07	486.16
Peso del pignometro lleno de agua	gr	742.78	739.71	754.14	745.54
Peso del pignometro lleno de muestra y agua	gr	1,020.10	1,021.01	1,021.10	1,020.74
Peso de la muestra superficialmente seco (SSS)	gr	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso específico aparente	gr/cm3	2.18	2.22	2.09	2.16
Peso específico aparente (SSS)	gr/cm3	2.18	2.22	2.09	2.16
Peso específico masa seca	gr/cm3	2.33	2.37	2.22	2.30
Absorción	%	2.86%	2.82%	2.87%	2.85%

Nota: Elaboración propia

Tabla 19*P.e. y absorción del agregado grueso*

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso de la muestra secada al horno	gr	3,132.660	3,126.470	3,120.550	3,126.560
Peso de la muestra SSS	gr	3,176.100	3,165.210	3,165.120	3,168.810
Peso del pignometro lleno de muestra y agua	gr	1,881.340	1,886.580	1,857.140	1,875.020
Peso específico aparente	gr/cm3	2.42	2.45	2.39	2.42
Peso específico aparente (SSS)	gr/cm3	2.45	2.48	2.42	2.45
Peso específico masa seca	gr/cm3	2.50	2.52	2.47	2.50
Absorción	%	1.39%	1.24%	1.43%	1.35%

Nota: Elaboración propia

4.2.4. Diseño de mezcla**4.2.4.1. Propiedades físicas de los agregados**

Se usó el mismo agregado en ambos diseños de mezcla para concreto con cemento tipo I y concreto con cemento puzolánico, los cuales proceden de la cantera de Cochamarca. A continuación, se presenta el resumen de propiedades de los agregados fino y grueso:

Tabla 20*Resumen de propiedades físicas de los agregados*

DESCRIPCION	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso Unitario Suelto	1620 Kg/m ³	1112 Kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1785 Kg/m ³	1151 Kg/m ³
P. Especifico Masa Seca	2.30 gr/cm ³	2.50 gr/cm ³
Contenido de Humedad	4.90 %	0.35 %
% de Absorción	2.85 %	1.35 %
Modulo de Fineza	3.00	6.90
Tamaño Maximo Nominal	3/8 "	1/2 "

Nota: Elaboración propia

4.2.4.2. Valores de diseño

Los valores que se presentan a continuación son los resultados que se obtienen en la realización paso a paso del diseño de mezcla por el método ACI 211:

Tabla 21*Valores de diseño con cemento tipo I*

Valores de diseño	
Contenido total de aire	0 %
Vol. unitario de agua de mezclado	216 l/m ³
Peso específico del cemento	3.12 gr/cm ³
f _{cr}	294 kg/cm ²
Relación agua/cemento	0.5584
Factor cemento	386.819 kg/m ³
Agregado grueso	0.54 m ³

Nota: Elaboración propia

Tabla 22*Valores de diseño con cemento puzolánico*

Valores de diseño	
Contenido total de aire	0 %
Vol. unitario de agua de mezclado	216 l/m ³
Peso específico del cemento	2.85 gr/cm ³
f _{cr}	294 kg/cm ²
Relación agua/cemento	0.5584
Factor cemento	386.819 kg/m ³
Agregado grueso	0.54 m ³

Nota: Elaboración propia

4.2.4.3. Resultados del diseño

A continuación, se muestran los diseños obtenidos:

Tabla 23

Diseño de mezcla con cemento tipo I

MATERIALES	DISEÑO PARA 1 m ³ DE CONCRETO PATRON		DISEÑO PARA 0.02 m ³ DE CONCRETO PATRON		VOLUM.
CEMENTO	386.819	kg	6.04	kg	0.00603638
A. FINO	992.585	kg	19.85	kg	0.0198517
A. GRUESO	623.675	kg	12.47	kg	0.0124735
AGUA (L/m ³)	202.817	kg	4.06	kg	0.00405634
AIRE	0	kg	0.00	kg	0

Nota: Dosificaciones del concreto con cemento tipo I. Elaboración propia.

Tabla 24

Diseño de mezcla con cemento puzolánico

MATERIALES	DISEÑO PARA 1 m ³ DE CONCRETO PATRON		DISEÑO PARA 0.02 m ³ DE CONCRETO PATRON		VOLUM.
CEMENTO	386.819	kg	6.04	kg	0.00603638
A. FINO	964.356	kg	19.29	kg	0.01928712
A. GRUESO	623.675	kg	12.47	kg	0.0124735
AGUA (L/m ³)	203.369	kg	4.07	kg	0.00406738
AIRE	0	kg	0.00	kg	0

Nota: Dosificaciones del concreto con cemento puzolánico. Elaboración propia.

4.2.5. Temperatura del concreto

La realización de las probetas fue en horas posteriores al meridiano como se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 25*Medidas de la temperatura al inicio del ensayo*

	CEMENTO TIPO I	CEMENTO PUZOLANICO
HORA DE VACIADO EN PROBETAS:	14:00	15:00
TEMPERATURA INICIAL EN TROMPITO:	18.2°C	15.9°C
TEMPERATURA AMBIENTE AL INICIAR LA PRUEBA:	10°C	09°C
TEMPERATURA AL INICIAR LA PRUEBA:	18.7°C	16.3°C
TEMPERATURA AL FINALIZAR LA PRUEBA:	11.6°C	11.1°C
TEMPERATURA AMBIENTE AL FINALIZAR LA PRUEBA:	4°C	4°C
SLUMP	6"	4"

Nota: Elaboración propia.

Tabla 26*Mediciones de temperaturas durante el fraguado con cemento tipo I*

CONCRETO CON CEMENTO TIPO I			
TIEMPO (min)	TEMPERATURA (° C)		
	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3
02:15:00 p. m.	18.7	18.50	18.50
02:50:00 p. m.	17.9	17.70	17.60
03:30:00 p. m.	16.5	15.90	16.40
03:45:00 p. m.	15.9	15.60	16.00
04:00:00 p. m.	14.5	14.90	15.10
04:15:00 p. m.	13.9	14.20	14.20
04:30:00 p. m.	13	13.10	14.10
04:50:00 p. m.	12.8	13.50	12.60
05:15:00 p. m.	12.7	12.70	13.00
05:45:00 p. m.	12.4	12.10	12.80
06:05:00 p. m.	12	12.00	12.40
06:25:00 p. m.	11.7	11.90	12.30
06:45:00 p. m.	11.7	11.80	12.20
07:00:00 p. m.	11.6	11.60	12.20

Nota: Elaboración propia.

Tabla 27*Temperatura promedio con cemento tipo I*

CONCRETO CON CEMENTO TIPO I	
TIEMPO (min)	TEMPERATURA (° C)
	PROMEDIO
02:15:00 p. m.	18.57
02:50:00 p. m.	17.73
03:30:00 p. m.	16.27
03:45:00 p. m.	15.83
04:00:00 p. m.	14.83
04:15:00 p. m.	14.10
04:30:00 p. m.	13.40
04:50:00 p. m.	12.97
05:15:00 p. m.	12.80
05:45:00 p. m.	12.43
06:05:00 p. m.	12.13
06:25:00 p. m.	11.97
06:45:00 p. m.	11.90
07:00:00 p. m.	11.80

Nota: Elaboración propia.

Tabla 28*Mediciones de temperaturas durante el fraguado con cemento puzolánico*

CONCRETO CON CEMENTO PUZOLANICO			
TIEMPO (min)	TEMPERATURA (° C)		
	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3
03:15:00 p. m.	16.3	16.20	16.10
03:30:00 p. m.	15.9	16.10	15.70
03:45:00 p. m.	15.5	15.70	15.40
04:00:00 p. m.	14.5	14.60	14.50
04:15:00 p. m.	13.9	14.30	14.70
04:30:00 p. m.	14.1	13.40	13.90
04:50:00 p. m.	12.6	12.90	12.40
05:20:00 p. m.	12.3	12.40	12.30
05:50:00 p. m.	11.9	11.60	11.70
06:10:00 p. m.	11.4	11.60	11.50
06:30:00 p. m.	11.4	11.30	11.40
06:45:00 p. m.	11.4	11.20	11.10
07:00:00 p. m.	11.1	11.10	11.00

Nota: Elaboración propia.

Tabla 29

Temperatura promedio con cemento puzolánico

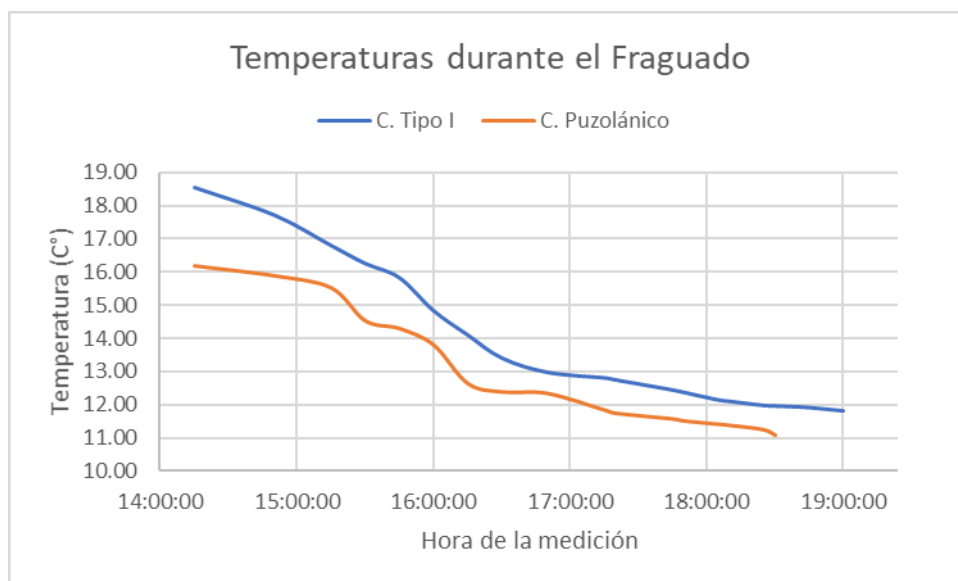
CONCRETO CON CEMENTO PUZOLANICO	
TIEMPO (min)	TEMPERATURA (° C)
	PROMEDIO
03:15:00 p. m.	16.20
03:30:00 p. m.	15.90
03:45:00 p. m.	15.53
04:00:00 p. m.	14.53
04:15:00 p. m.	14.30
04:30:00 p. m.	13.80
04:50:00 p. m.	12.63
05:20:00 p. m.	12.33
05:50:00 p. m.	11.73
06:10:00 p. m.	11.50
06:30:00 p. m.	11.37
06:45:00 p. m.	11.23
07:00:00 p. m.	11.07

Nota: Elaboración propia.

Analizando y comparando las temperaturas promedio medidas, se obtiene el siguiente gráfico:

Gráfico 12

Temperaturas durante el Fraguado



Nota: Elaboración propia.

4.2.6. Resistencia a la compresión

Teniendo los diseños de mezcla se procedió a realizar las probetas respetando las dosificaciones obtenidas y dejando fraguar durante 24h, posterior al fraguado se desmoldaron las probetas y se llevaron al pozo de curado. Pasados los 7, 14, 28 y 49 días se fueron extrayendo y sometiendo las probetas a los ensayos para la toma de resultados.

El número de probetas realizadas fue de 3 para cada diseño (2 para resistencia a compresión y 1 para tracción indirecta), repitiendo esta cantidad para las 3 edades en las que se analizaron las muestras, haciendo un total de 27 probetas analizadas cuyos resultados fueron los siguientes.

4.2.6.1. Resistencia a los 7 días

Tabla 30

Resistencias a los 7 días

N° Código de Probeta	Descripción	Fecha de Muestreo	Edad Días	Fecha de Rotura	Resistencia del Concreto (Kg/cm ²)
EG - PG	Compresión	19/09/2023	7	26/09/2023	185.8
EG - PG	Compresión	19/09/2023	7	26/09/2023	182.5
EG - PG	Compresión	19/09/2023	7	26/09/2023	185.3
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	7	26/09/2023	146.3
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	7	26/09/2023	145.0
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	7	26/09/2023	145.8

Nota: Elaboración propia

4.2.6.2. Resistencia a los 14 días

Tabla 31

Resistencias a los 14 días

N° Código de Probeta	Descripción	Fecha de Muestreo	Edad Días	Fecha de Rotura	Resistencia del Concreto (Kg/cm2)
EG - PG	Compresión	19/09/2023	14	03/10/2023	241.4
EG - PG	Compresión	19/09/2023	14	03/10/2023	244.5
EG - PG	Compresión	19/09/2023	14	03/10/2023	238.1
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	14	03/10/2023	200.6
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	14	03/10/2023	193.6
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	14	03/10/2023	197.1

Nota: Elaboración propia

4.2.6.3. Resistencia a los 28 días

Tabla 32

Resistencias a los 28 días

N° Código de Probeta	Descripción	Fecha de Muestreo	Edad Días	Fecha de Rotura	Resistencia del Concreto (Kg/cm2)
EG - PG	Compresión	19/09/2023	28	17/10/2023	273.2
EG - PG	Compresión	19/09/2023	28	17/10/2023	278.0
EG - PG	Compresión	19/09/2023	28	17/10/2023	275.7
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	28	17/10/2023	223.5
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	28	17/10/2023	228.0
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	28	17/10/2023	221.3

Nota: Elaboración propia

4.2.6.4. Resistencia a los 49 días

Tabla 33

Resistencias a los 49 días

N° Código de Probeta	Descripción	Fecha de Muestreo	Edad Días	Fecha de Rotura	Resistencia del Concreto (Kg/cm ²)
EG - PG	Compresión	19/09/2023	49	07/11/2023	318.0
EG - PG	Compresión	19/09/2023	49	07/11/2023	311.3
EG - PG	Compresión	19/09/2023	49	07/11/2023	314.9
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	49	07/11/2023	272.6
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	49	07/11/2023	266.9
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	49	07/11/2023	272.1

Nota: Elaboración propia

4.2.7. Obtención de las resistencias promedio

Simplificando los cuadros anteriores de las resistencias a compresión obtenidas, mediante el promedio de los resultados de muestras se obtienen las siguientes tablas:

Tabla 34

Resistencia promedio a los 7 días

7 días		
N° Código de Probeta	Descripción	Resistencia del Concreto (Kg/cm ²)
EG - PG	Compresión	184.53
EG - CPUZ	Compresión	145.70

Nota: Elaboración propia

Tabla 35

Resistencias promedio a los 14 días

14 días		
N° Código de Probeta	Descripción	Resistencia del Concreto (Kg/cm ²)
EG - PG	Compresión	241.33
EG - CPUZ	Compresión	197.10

Nota: Elaboración propia

Tabla 36*Resistencias promedio a los 28 días*

28 días		
N° Código de Probeta	Descripción	Resistencia del Concreto (Kg/cm ²)
EG - PG	Compresión	275.63
EG - CPUZ	Compresión	224.27

Nota: Elaboración propia

Tabla 37*Resistencias promedio a los 49 días*

49 días		
N° Código de Probeta	Descripción	Resistencia del Concreto (Kg/cm ²)
EG - PG	Compresión	314.73
EG - CPUZ	Compresión	270.53

Nota: Elaboración propia

Tabla 38*Resumen de resistencias promedio*

Resumen de resistencias a compresión promedio				
Compresión	7 días	14 días	28 días	49 días
EG - PG	184.53	241.33	275.63	314.73
EG - CPUZ	145.70	197.10	224.27	270.53

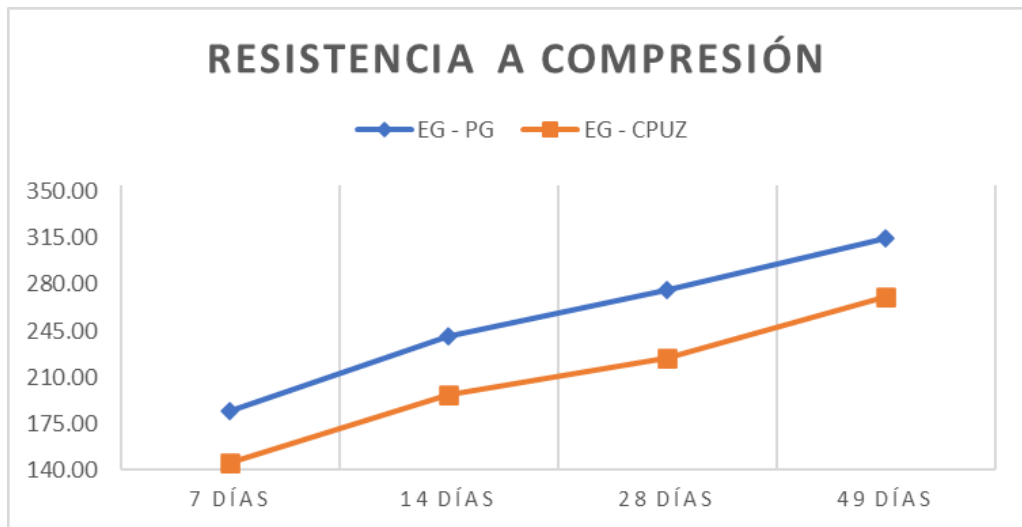
Nota: Elaboración propia

4.2.8. Comparación de resistencias a compresión

En el siguiente gráfico se presenta la comparación de las resistencias promedio obtenidas en cada edad y su evolución.

Gráfico 13

Comparación de resistencias a compresión



Nota: Elaboración propia

Como se puede visualizar en la figura anterior, el concreto con cemento tipo I obtuvo mayores resultados en cuanto a resistencia a compresión, manteniendo un patrón casi uniforme en la evolución de la resistencia.

La evolución de la resistencia a compresión en ambos mantiene una forma lineal.

Si consideramos al concreto con cemento tipo I como el 100% de la resistencia, es decir como concreto patrón, podremos analizar los porcentajes en que varían los resultados obtenidos en el concreto con cemento puzolánico:

Tabla 39

Incremento de resistencia a compresión

Resistencia a compresión				
Cód.	7 días	14 días	28 días	49 días
EG - PG	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
EG - CPUZ	78.96%	81.67%	81.36%	85.96%

Nota: Elaboración propia

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Hipótesis general

La hipótesis general “Utilizando el cemento tipo I reduce el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperatura y revela mejores resultados de las propiedades y características versus cemento puzolánico.” es incorrecta, pues en el gráfico de resultados se observa que el concreto con cemento puzolánico mantiene temperaturas más bajas durante el fraguado en todas las medidas tomadas.

4.3.2. Hipótesis específica

- Hipótesis 1: “Utilizando el cemento tipo I revela mejores resultados a la resistencia a la compresión del concreto versus cemento puzolánico por la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas”. Esta hipótesis se comprobó de manera satisfactoria, pues se observa en los resultados que, en todas las edades, las resistencias a compresión obtenidas son siempre mayores en las probetas diseñadas con el cemento tipo I.
- Hipótesis 2: “Utilizando la dosificación óptima el cemento tipo I revela mejores resultados versus cemento puzolánico por la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas”. La hipótesis planteada es correcta. Si bien las teorías manifiestan que la temperatura del concreto debe mantener una relación inversa a la temperatura del lugar en donde se hace el vaciado, verificamos satisfactoriamente la veracidad de esta afirmación, pues el concreto con cemento tipo I tuvo mayor calor de hidratación y consiguió mayores resistencias en el clima frío al cual fue expuesto.

- Hipótesis 3: “Utilizando el cemento tipo I mejora las probabilidades físicas del concreto fresco versus cemento puzolánico por la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas”. La hipótesis planteada es correcta ya que el concreto con cemento puzolánico tuvo menor calor de hidratación y en consecuencia, menores resistencias a la compresión.
- Hipótesis 4: “Utilizando el cemento tipo I mejora las probabilidades físicas del concreto fresco versus cemento puzolánico por la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas”. La presente hipótesis se comprobó ya que la propiedad física en este estudio vino a ser la resistencia a la compresión y se observa que, si tomamos los resultados del concreto con cemento tipo I como patrón, la resistencia del concreto con cemento puzolánico estuvo entre el 78.96% y 85.96%.

4.4. Discusión de resultados

El estudio realizado por (Cuellar Loaiza & Sequeiros Arone, 2017), titulado “Influencia del curado en la Resistencia a la Compresión del Concreto preparado con Cemento Portland Tipo I y Cemento Puzolánico tipo IP en la ciudad de Abancay – Apurímac” analiza y compara el comportamiento de concretos con cemento tipo I y cemento puzolánico, y da como resultado que el concreto con cemento tipo I da mayores resistencias en las edades analizadas, llegando a superar incluso la resistencia de diseño. Dicho resultado se manifiesta también en el presente proyecto en donde el concreto con cemento tipo I llega a obtener mejores resultados en la resistencia a compresión que el concreto con cemento puzolánico.

El estudio realizado por (Tello Barbagelata & Vilca Chumpisuca, 2021), con título “Comparación del cemento puzolánico y de escoria en las propiedades del concreto para un pavimento rígido, Villa María del Triunfo, 2020”, compara las resistencias entre el concreto con cemento puzolánico y cemento de escoria en base a los resultados de un concreto patrón que viene a ser un concreto con cemento tipo I, en donde se observan en los resultados que el concreto con cemento puzolánico obtuvo menores resistencias a las edades de 7 y 14 días, sin embargo, la resistencia obtenida a los 28 días es superior a la del concreto patrón con cemento tipo I. Es decir, la evolución de la resistencia no se mantiene de manera lineal como resultó en nuestra investigación. Dicho acontecimiento se puede deber a las condiciones climáticas, el cual se realizó en la ciudad de Lima cuyas temperaturas difieren mucho de nuestra localidad.

CONCLUSIONES

- El Concreto con Cemento Tipo I tiene mejor comportamiento mecánico en climas fríos.
- El Concreto con Cemento Puzolánico desarrolla menor calor de hidratación en climas fríos en comparación con el Concreto con Cemento Tipo I.
- Las resistencias obtenidas a los 7,14,28 y 49 días demuestran que el Concreto con Cemento Tipo I obtiene mejores resistencias en comparación al Concreto con Cemento Puzolánico.
- Tomando como referencia de concreto óptimo al Concreto con Cemento Tipo I, el Concreto con Cemento Puzolánico llega a obtener resistencias que van desde 78.96% a 85.96%, el cuál es una reducción considerable de la resistencia que si se llegara a usar en elementos estructurales podrían llegar a causar fallos.
- De los gráficos mostrados en los resultados, concluimos que ambos concretos mantienen una evolución casi lineal en la resistencia a diferentes edades, pero un calor de hidratación con cambios suaves en el Concreto con Cemento Tipo I y bruscos en Concreto con Cemento Puzolánico.
- Se concluye y se verifica además la teoría de que el calor de hidratación en climas fríos debe ser mayor para obtener mejor comportamiento mecánico del concreto.
- De los resultados obtenidos en el concreto en estado fresco se manifiesta la mayor trabajabilidad del Concreto con Cemento Tipo I con un Slump de 6" en comparación con el Concreto con Cemento Puzolánico que obtuvo un Slump de 4".

RECOMENDACIONES

- La presente investigación se realizó, tal como se puede observar en los cuadros de resultados, en horas de la tarde, momento en el cuál la temperatura del día va reduciendo. Por lo que se recomienda realizar nuevas investigaciones en otros horarios del día y así obtener un comportamiento diferente del concreto.
- Se recomienda medir otras propiedades que no se midieron en la presente investigación y poder verificar si aún se cumple la primacía en los resultados del concreto con cemento tipo I.
- En la presente investigación no se hizo uso de aditivos de ningún tipo, por lo que podría llegar a producirse cambios en los resultados si se llegaran a usar aditivos que intentaran contrarrestar las debilidades que tuvo el concreto con cemento puzolánico y quizá superar las resistencias del concreto con cemento tipo I por lo que se recomienda experimentar con otros añadidos y realizar comparaciones nuevas.
- La presente investigación basa los resultados obtenidos mediante la realización de probetas de 4"x8" (10cmx20cm), en donde el calor de hidratación es menor debido al volumen de concreto que cabe dentro de este. Por lo que, se recomienda hacer nuevas investigaciones con distintas medidas de probetas y verificar la variación en el calor de hidratación que se obtiene de estas.

BIBLIOGRAFÍA

- Zeña M. (2015). ESTUDIO TERMODINÁMICO TEÓRICO - PRÁCTICO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE VACIADOS DE CONCRETO MASIVO A MÁS DE 4 700 m.s.n.m EN LA SIERRA DEL PERÚ - 2015.
- Zevallos G. – Luna S. (2018). ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS CEMENTOS PORTLAND TIPO IP Y HE, PARA EL DESARROLLO DE RESISTENCIAS INICIALES EN EL DISEÑO DE CONCRETO LANZADO O SHOTCRETE $f'c = 280 \text{ KG/CM}^2$ EN LA REGIÓN DEL CUSCO - 2018.
- Cuellar J. – Sequeiros W., (2017). INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO TIPO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY – APURIMAC.
- Tello K. – Vilca M., (2021). COMPARACIÓN DEL CEMENTO PUZOLÁNICO Y DE ESCORIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PARA UN PAVIMENTO RÍGIDO, VILLA MARÍA DEL TRIUNFO, 2020.
- Angulo W. – Torres C., (2019). ANÁLISIS DEL CALOR DE HIDRATACIÓN RELACIONADO A LA RESISTENCIA DEL CONCRETO USANDO ADITIVO PLASTIFICANTE RETARDANTE EN TEMPERATURAS DE 35°C Y 40°C
- Miretzky B. (1946), ANÁLISIS DETERMINACIÓN DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DE LOS CEMENTOS ARGENTINOS CON CALORÍMETRO ADIABÁTICO.
- Lafuente Y. (2017). ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS DE ENTRADA EN EL ANÁLISIS TERMO-QUIMIO-MECÁNICO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN MASA.

Cipriano Londoño (2020). CALOR DE HIDRATACION DEL CONCRETO - Colombia.

Nilson, A. (2001). Diseño de estructuras de concreto. Kansas: McGraw-Hill.

Rivva, E. (2000). Naturaleza y materiales del concreto. Lima: ACI Perú.

Villegas, C. (2014). Tecnología de concreto: Diseño de mezclas para la elaboración de

concreto estructural-Método Comité 211 del ACI. Recuperado.

[http://cecfic.uni.edu.pe/archivos/concreto/Metodo%20ACI%20211%20%20MS.](http://cecfic.uni.edu.pe/archivos/concreto/Metodo%20ACI%20211%20%20MS.%20ING.%20VILLEGAS.pdf)

[%20ING.%20VILLEGAS.pdf](http://cecfic.uni.edu.pe/archivos/concreto/Metodo%20ACI%20211%20%20MS.%20ING.%20VILLEGAS.pdf)

ANEXOS



CARACTERIZACION

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTE : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
UBICACIÓN : Pasco
FECHA : 11/07/2023

1.0 DE LOS MATERIALES

1.1 Cemento:

Se utilizo cemento ANDINO portland Tipo I, proporcionado por el estudiante.

1.2 Agregado Fino:

Consistente en una muestra de AGREGADO FINO procedente de la cantera Cochamarca.

1.3 Agregado Grueso:

Consistente en una muestra de AGREGADO GRUESO procedente de la cantera Cochamarca.

1.4 Docificacion de mezca de concreto:

Se utilizo el metodo ACI.

1.5 Agua:

Se utilizo agua potable de la red UNDAC.

NOTAS:

- 1). Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- 2). Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





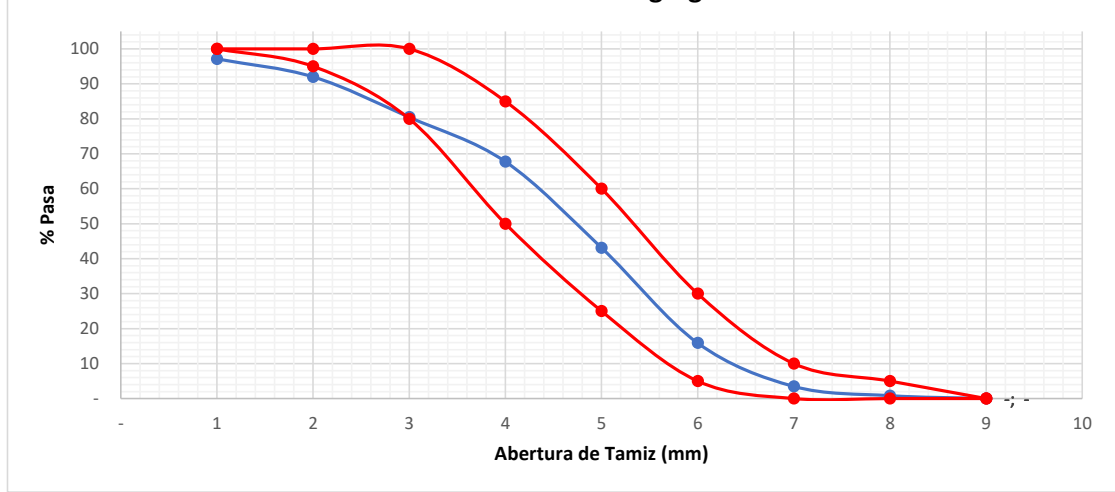
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.012

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTES : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
MATERIAL : Agregado fino
UBICACIÓN : Pasco
FECHA : 11/07/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

Tamiz Estandar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Lmites (NTP 400.037)		
						Minimo	Maximo	
3/8"	9.500	14.20	2.87	2.87	97.13	100.00	100.00	
N° 4	4.750	25.40	5.13	8.00	92.00	95.00	100.00	
N° 8	2.360	57.12	11.54	19.55	80.45	80.00	100.00	
N° 16	1.180	62.88	12.71	32.25	67.75	50.00	85.00	
N° 30	0.600	121.91	24.64	56.89	43.11	25.00	60.00	
N° 50	0.300	134.70	27.22	84.12	15.88	5.00	30.00	
N° 100	0.150	61.40	12.41	96.52	3.48	-	10.00	
N° 200	0.075	13.10	2.65	99.17	0.83	-	5.00	
FONDO	-	4.10	0.83	100.00	-	-	-	
		494.810	100.000					
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:							3/8"	
MODULO DE FINURA:							3.00	

Curva Granulometrica de Agregado Fino



NOTAS:

- 1). Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- 2). Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CONTENIDO DE HUMEDAD
NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTE : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
MATERIAL : Agregado fino
UBICACIÓN : Pasco
FECHA : 12/07/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente	gr	432.12	432.12	432.12	432.12
Peso del recipiente + muestra humeda	gr	926.40	924.70	929.10	926.73
Peso del recipiente + muestra seca	gr	905.20	901.70	904.00	903.63
Peso muestra humeda	gr	494.28	492.58	496.98	494.61
Peso muestra seca	gr	473.08	469.58	471.88	471.51
Peso de agua	gr	21.20	23.00	25.10	23.10
Contenido de humedad	%	4.48%	4.90%	5.32%	4.90%

Observaciones:

- 1). La muestra del material fue proporcionada por el solicitante.
- 2). La identificacion y procedencia del material es informacion proporcionada por el solicitante.

NOTAS:

- 1). Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- 2). Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTE : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
MATERIAL : Agregado fino
UBICACIÓN : Pasco
FECHA : 12/07/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente + muestra suelta	kg	20.850	20.520	20.270	20.547
Peso del recipiente + muestra apisonada	kg	22.700	21.340	22.070	22.037
Peso del recipiente	kg	5.970	5.970	5.970	5.970
Peso de muestra en estado suelto	kg	14.880	14.550	14.300	14.577
Peso de muestra en estado compactado	kg	16.730	15.370	16.100	16.067
volumen del recipiente	m3	0.009	0.009	0.009	0.009
Peso unitario suelto	kg/m3	1,653	1,617	1,589	1,620
Peso unitario compactado	kg/m3	1,859	1,708	1,789	1,785

Observaciones:

- 1). La muestra del material fue proporcionada por el solicitante.
- 2). La identificacion y procedencia del material es informacion proporcionada por el solicitante.

NOTAS:

- 1). Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- 2). Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
NORMA DE ENSAYO NTP 400.022

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTE : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
MATERIAL : Agregado fino
UBICACIÓN : Pasco
FECHA : 12/07/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso de la muestra secada al horno	gr	486.10	486.30	486.07	486.16
Peso del pignometro lleno de agua	gr	742.78	739.71	754.14	745.54
Peso del pignometro lleno de muestra y agua	gr	1,020.10	1,021.01	1,021.10	1,020.74
Peso de la muestra superficialmente seco (SSS)	gr	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso especifico aparente	gr/cm3	2.18	2.22	2.09	2.16
Peso especifico aparente (SSS)	gr/cm3	2.18	2.22	2.09	2.16
Peso especifico masa seca	gr/cm3	2.33	2.37	2.22	2.30
Absorcion	%	2.86%	2.82%	2.87%	2.85%

Observaciones:

- 1). La muestra del material fue proporcionada por el solicitante.
- 2). La identificacion y procedencia del material es informacion proporcionada por el solicitante.

NOTAS:

- 1). Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- 2). Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



CARACTERIZACION

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTE : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
UBICACIÓN : Pasco
FECHA : 11/07/2023

1.0 DE LOS MATERIALES

1.1 Cemento:

Se utilizo cemento ANDINO portland Tipo I, proporcionado por el estudiante.

1.2 Agregado Fino:

Consistente en una muestra de AGREGADO FINO procedente de la cantera Cochamarca.

1.3 Agregado Grueso:

Consistente en una muestra de AGREGADO GRUESO procedente de la cantera Cochamarca.

1.4 Docificacion de mezca de concreto:

Se utilizo el metodo ACI.

1.5 Agua:

Se utilizo agua potable de la red UNDAC.

NOTAS:

- 1). Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- 2). Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





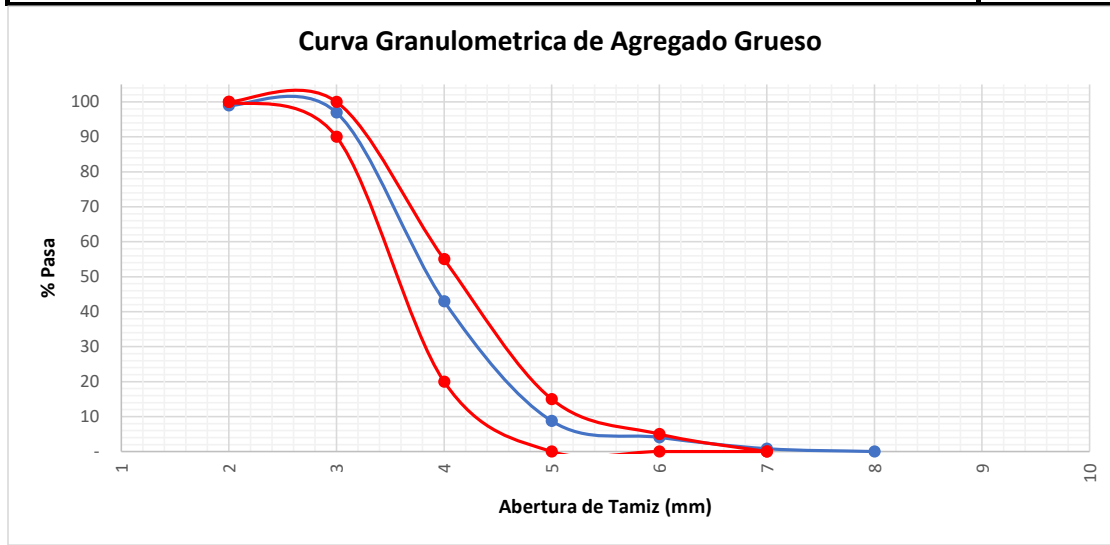
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.012

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTE : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
MATERIAL : Agregado Grueso
UBICACIÓN : Pasco
FECHA : 11/07/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

Tamiz Estandar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Lmites (NTP 400.037)		
						Minimo	Maximo	
1 ½"	37.500							
1"	25.000	5.12	1.0	1.0	99.0	100.00	100.00	
¾"	19.000	10.22	2.0	3.1	96.9	90.00	100.00	
½"	12.500	269.9	54.0	57.0	43.0	20.00	55.00	
⅜"	9.500	171.1	34.2	91.3	8.7	-	15.00	
N° 4	4.750	23.5	4.7	96.0	4.0	-	5.00	
N° 8	2.360	16.1	3.2	99.2	0.8	-	-	
N° 16	1.180	4.1	0.8	100.0	-			
FONDO	-	-	-	100.0	-			
		500.030	100.000					
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:							1/2"	
MODULO DE FINURA:							6.90	

Curva Granulometrica de Agregado Grueso



NOTAS:

- 1). Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- 2). Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CONTENIDO DE HUMEDAD
NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTE : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
MATERIAL : Agregado Grueso
UBICACIÓN : Pasco
FECHA 12/07/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente	gr	512.11	512.11	512.11	512.11
Peso del recipiente + muestra humeda	gr	2,939.12	2,941.15	2,938.71	2,939.66
Peso del recipiente + muestra seca	gr	2,931.91	2,931.97	2,929.78	2,931.22
Peso muestra humeda	gr	2,427.01	2,429.04	2,426.60	2,427.55
Peso muestra seca	gr	2,419.80	2,419.86	2,417.67	2,419.11
Peso de agua	gr	7.21	9.18	8.93	8.44
Contenido de humedad	%	0.30%	0.38%	0.37%	0.35%

Observaciones:

- 1). La muestra del material fue proporcionada por el solicitante.
- 2). La identificacion y procedencia del material es informacion proporcionada por el solicitante.

NOTAS:

- 1). Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- 2). Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTE : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
MATERIAL : Agregado Grueso
UBICACIÓN : Pasco
FECHA : 12/07/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente + muestra suelta	kg	23.420	23.470	23.450	23.447
Peso del recipiente + muestra apisonada	kg	24.100	24.340	24.320	24.253
Peso del recipiente de la muestra suelta	kg	7.880	7.880	7.880	7.880
Peso del recipiente de la muestra apisonada	kg	8.140	8.140	8.140	8.140
Peso de muestra en estado suelto	kg	15.540	15.590	15.570	15.567
Peso de muestra en estado compactado	kg	15.960	16.200	16.180	16.113
volumen del recipiente	kg	0.014	0.014	0.014	0.014
Peso unitario suelto	kg/m³	1,110	1,114	1,112	1,112
Peso unitario compactado	kg/m³	1,140	1,157	1,156	1,151

Observaciones:

- 1). La muestra del material fue proporcionada por el solicitante.
- 2). La identificacion y procedencia del material es informacion proporcionada por el solicitante.

NOTAS:

- 1). Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- 2). Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
NORMA DE ENSAYO NTP 400.021

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTE : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
MATERIAL : Agregado Grueso
UBICACIÓN : Pasco
FECHA 12/07/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso de la muestra secada al horno	gr	3,132.660	3,126.470	3,120.550	3,126.560
Peso de la muestra SSS	gr	3,176.100	3,165.210	3,165.120	3,168.810
Peso del pignometro lleno de muestra y agua	gr	1,881.340	1,886.580	1,857.140	1,875.020
Peso especifico aparente	gr/cm3	2.42	2.45	2.39	2.42
Peso especifico aparente (SSS)	gr/cm3	2.45	2.48	2.42	2.45
Peso especifico masa seca	gr/cm3	2.50	2.52	2.47	2.50
Absorcion	%	1.39%	1.24%	1.43%	1.35%

Observaciones:

- 1). La muestra del material fue proporcionada por el solicitante.
- 2). La identificacion y procedencia del material es informacion proporcionada por el solicitante.

NOTAS:

- 1). Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- 2). Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO
METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTE : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
UBICACIÓN : PASCO
FECHA : 12/07/2023

3. RESUMEN PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS:

DESCRIPCION	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso Unitario Suelto	1620 Kg/m ³	1112 Kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1785 Kg/m ³	1151 Kg/m ³
P. Especifico Masa Seca	2.30 gr/cm ³	2.50 gr/cm ³
Contenido de Humedad	4.90 %	0.35 %
% de Absorcion	2.85 %	1.35 %
Modulo de Fineza	3.00	6.90
Tamaño Maximo Nominal	3/8 "	1/2 "

4. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES:

4.1. Contenido total de aire:

% (Tabla N° 3.a Contenido de aire atrapado)

4.2. Volumen unitario de agua de mezclado:

L/m³ (Tabla N° 2. volumen unitario de agua ACI)

4.3. Peso especifico del cemento:

gr/cm³ (Propiedad fisica del cemento)

4.4. $F'cr$:

kg/cm² (Resistencia promedio requerida)

4.5. Relacion agua cemento:

(Tabla N° 4.a y N° 4.b por resistencia y durabilidad)

4.6. Factor cemento:

kg/m³ = 9.1 bolsas/m³

4.7. Cantidad de agregado grueso:

m³ (Tabla N° 6 Volumen de agregado grueso)

F'cr = Resist. Prom.	
F'c	F'cr
< 210	F'c + 70
210 a 350	F'c + 84
> 350	F'c + 98

5. RESULTADOS:

MATERIALES	VOL. ABS. MATERIALES (m ³)	P. SECOS AGREG. (kg/m ³)	CORRECC. HUMEDAD (kg/m ³)	PROP. PESO	VOL. EN P3	PROP. EN VOLUM.
CEMENTO	0.124	386.819	386.819	1.000	9.102	1.00
A. FINO	0.411	946.220	992.585	2.566	20.622	2.27
A. GRUESO	0.249	621.500	623.675	1.612	19.738	2.17
AGUA (L/m³)	0.216	216.000	202.817	202.817	202.817	22.28 L/bolsa
AIRE	0.000					

NOTAS:

- 1). Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- 2). Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO
METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTE : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210$ Kg/cm²
UBICACIÓN : PASCO
FECHA 12/07/2023

3. RESUMEN PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS:

DESCRIPCION	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso Unitario Suelto	1620.15 Kg/m ³	1111.80 Kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1785.40 Kg/m ³	1150.70 Kg/m ³
P. Especifico Masa Seca	2.30 gr/cm ³	2.50 gr/cm ³
Contenido de Humedad	4.90 %	0.35 %
% de Absorcion	2.85 %	1.35 %
Modulo de Fineza	3.00	6.90
Tamaño Maximo Nominal	3/8 "	1/2 "

4. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES:

- 4.1. Contenido total de aire:
 % (Tabla N° 3.a Contenido de aire atrapado)
- 4.2. Volumen unitario de agua de mezclado:
 L/m³ (Tabla N° 2. volumen unitario de agua ACI)
- 4.3. Peso especifico del cemento:
 gr/cm³ (Propiedad fisica del cemento)
- 4.4. $F'cr$:
 kg/cm² (Resistencia promedio requerida)
- 4.5. Relacion agua cemento:
 (Tabla N° 4.a y N° 4.b por resistencia y durabilidad)
- 4.6. Factor cemento:
 kg/m³ = 9.1 bolsas/m³
- 4.7. Cantidad de agregado grueso:
 m³ (Tabla N° 6 Volumen de agregado grueso)

F'cr = Resist. Prom.	
F'c	F'cr
< 210	F'c + 70
210 a 350	F'c + 84
> 350	F'c + 98

5. RESULTADOS:

MATERIALES	VOL. ABS. MATERIALES (m ³)	P. SECOS AGREG. (kg/m ³)	CORRECC. HUMEDAD (kg/m ³)	PROP. PESO	VOL. EN P3	PROP. EN VOLUM.
CEMENTO	0.136	386.819	386.819	1.000	9.102	1.00
A. FINO	0.400	919.310	964.356	2.493	20.036	2.20
A. GRUESO	0.249	621.500	623.675	1.612	19.738	2.17
AGUA (L/m³)	0.216	216.000	203.369	203.369	203.369	22.34 L/bolsa
AIRE	0.000					

NOTAS:

- Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO
INCORPORANDO ADITIVO

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTE : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210$ Kg/cm²
UBICACIÓN : PASCO
FECHA 12/07/2023

1. DATOS DE RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO DEL METODO DE COMITÉ 211 DEL ACI

MATERIALES	DISEÑO PARA 1 m ³ DE CONCRETO PATRON		DISEÑO PARA 0.02 m ³ DE CONCRETO PATRON		VOLUM.
CEMENTO	386.819	kg	6.04	kg	0.00603638
A. FINO	992.585	kg	19.85	kg	0.0198517
A. GRUESO	623.675	kg	12.47	kg	0.0124735
AGUA (L/m ³)	202.817	kg	4.06	kg	0.00405634
AIRE	0	kg	0.00	kg	0

2. PROPORCION DE ADITIVOS

ADITIVO	UND	(-)	PROM.	(+)
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---

3. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO INCORPORANDO ADITIVOS

PATRONES	ADITIVOS	UND	DIAS DE ROTURA		
			7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
PATRON GENERAL	---	kg
	---	kg
PATRON 00 kg/m ³	---	kg
	---	kg	---	---	---

NOTAS:

- 1). Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- 2). Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO
INCORPORANDO ADITIVO

REFERENCIA : Laboratorio de mecanica de suelos, concreto y pavimentos
SOLICITANTE : GALARZA
TESIS : IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO.
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210$ Kg/cm²
UBICACIÓN : PASCO
FECHA 12/07/2023

1. DATOS DE RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO DEL METODO DE COMITÉ 211 DEL ACI

MATERIALES	DISEÑO PARA 1 m ³ DE CONCRETO PATRON		DISEÑO PARA 0.02 m ³ DE CONCRETO PATRON		VOLUM.
CEMENTO	386.819	kg	6.04	kg	0.00603638
A. FINO	964.356	kg	19.29	kg	0.01928712
A. GRUESO	623.675	kg	12.47	kg	0.0124735
AGUA (L/m ³)	203.369	kg	4.07	kg	0.00406738
AIRE	0	kg	0.00	kg	0

2. PROPORCION DE ADITIVOS

ADITIVO	UND	(-)	PROM.	(+)
FIBRAS DE ACERO	---	---	---	--
---	---	---	---	---

3. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO INCORPORANDO ADITIVOS

PATRONES	ADITIVOS	UND	DIAS DE ROTURA		
			7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
PATRON GENERAL	FIBRAS DE ACERO	kg	---	---	---
	---	kg	---	---	---
PATRON 30 kg/m ³	FIBRAS DE ACERO	kg	---	---	---
	---	kg	---	---	---

NOTAS:

- 1). Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio
- 2). Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39/ AASHTO T22

Tesista: GALARZA ARTEAGA, EDUARDO
Ubicación: LABORATORIO CIVIL UNDAC
Fecha: 26/09/2023

ENSAYO DE ROTURAS DE PROBETAS DE CONCRETO

Nº Código de Probeta	Descripción	Fecha de Muestreo	Edad Días	Fecha de Rotura	Resistencia del Concreto (Kg/cm2)
EG - PG	Compresión	19/09/2023	7	26/09/2023	185.8
EG - PG	Compresión	19/09/2023	7	26/09/2023	182.5
EG - PG	Compresión	19/09/2023	7	26/09/2023	185.3
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	7	26/09/2023	146.3
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	7	26/09/2023	145.0
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	7	26/09/2023	145.8

tipos de falla

- 1.-conos bien formados en ambas bases
- 2.-base inferior con fracturas
- 3.-base superior con fracturas
- 4.-falla local en momento de la carga aplicada al testigo
- 5.-testigo mal testeado
- 6.-grietas en el perimetro del testigo
- 7.-testigo mal formados en base superior y inferior

BACH. GALARZA ARTEAGA, EDUARDO

Mg. DÁVILA CÓRDOVA, VICENTE CESAR

Elaborado**Revisado**

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39/ AASHTO T22

Tesista: GALARZA ARTEAGA, EDUARDO
Ubicación: LABORATORIO CIVIL UNDAC
Fecha: 03/10/2023

ENSAYO DE ROTURAS DE PROBETAS DE CONCRETO

N° Código de Probeta	Descripción	Fecha de Muestreo	Edad Días	Fecha de Rotura	Resistencia del Concreto (Kg/cm2)
EG - PG	Compresión	19/09/2023	14	03/10/2023	241.4
EG - PG	Compresión	19/09/2023	14	03/10/2023	244.5
EG - PG	Compresión	19/09/2023	14	03/10/2023	238.1
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	14	03/10/2023	200.6
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	14	03/10/2023	193.6
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	14	03/10/2023	197.1

tipos de falla

- 1.-conos bien formados en ambas bases
- 2.-base inferior con fracturas
- 3.-base superior con fracturas
- 4.-falla local en momento de la carga aplicada al testigo
- 5.-testigo mal testeado
- 6.-grietas en el perimetro del testigo
- 7.-testigo mal formados en base superior y inferior

BACH. GALARZA ARTEAGA, EDUARDO

Mg. DÁVILA CÓRDOVA, VICENTE CESAR

Elaborado**Revisado**

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39/ AASHTO T22

Tesista: GALARZA ARTEAGA, EDUARDO
Ubicación: LABORATORIO CIVIL UNDAC
Fecha: 17/10/2023

ENSAYO DE ROTURAS DE PROBETAS DE CONCRETO

Nº Código de Probeta	Descripción	Fecha de Muestreo	Edad Días	Fecha de Rotura	Resistencia del Concreto (Kg/cm2)
EG - PG	Compresión	19/09/2023	28	17/10/2023	273.2
EG - PG	Compresión	19/09/2023	28	17/10/2023	278.0
EG - PG	Compresión	19/09/2023	28	17/10/2023	275.7
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	28	17/10/2023	223.5
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	28	17/10/2023	228.0
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	28	17/10/2023	221.3

tipos de falla

- 1.-conos bien formados en ambas bases
- 2.-base inferior con fracturas
- 3.-base superior con fracturas
- 4.-falla local en momento de la carga aplicada al testigo
- 5.-testigo mal testeado
- 6.-grietas en el perimetro del testigo
- 7.-testigo mal formados en base superior y inferior

BACH. GALARZA ARTEAGA, EDUARDO

Mg. DÁVILA CÓRDOVA, VICENTE CESAR

Elaborado**Revisado**

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39/ AASHTO T22

Tesista: GALARZA ARTEAGA, EDUARDO
Ubicación: LABORATORIO CIVIL UNDAC
Fecha: 07/11/2023

ENSAYO DE ROTURAS DE PROBETAS DE CONCRETO

Nº Código de Probeta	Descripción	Fecha de Muestreo	Edad Días	Fecha de Rotura	Resistencia del Concreto (Kg/cm2)
EG - PG	Compresión	19/09/2023	49	07/11/2023	318.0
EG - PG	Compresión	19/09/2023	49	07/11/2023	311.3
EG - PG	Compresión	19/09/2023	49	07/11/2023	314.9
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	49	07/11/2023	272.6
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	49	07/11/2023	266.9
EG - CPUZ	Compresión	19/09/2023	49	07/11/2023	272.1

tipos de falla

- 1.-conos bien formados en ambas bases
- 2.-base inferior con fracturas
- 3.-base superior con fracturas
- 4.-falla local en momento de la carga aplicada al testigo
- 5.-testigo mal testeado
- 6.-grietas en el perimetro del testigo
- 7.-testigo mal formados en base superior y inferior

BACH. GALARZA ARTEAGA, EDUARDO

Mg. DÁVILA CÓRDOVA, VICENTE CESAR

Elaborado**Revisado**

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1.- Pesaje agregado grueso



Fotografía 2.- Pesaje del agua



Fotografía 3.- Pesaje del cemento tipo I



Fotografía 4.- Pesaje del agregado fino



Fotografía 5.- Embadurnado de probetas con desmoldante



Fotografía 6.- Incorporando materiales al mezclador



Fotografía 7.- Mezclado materiales



Fotografía 8.- Toma de temperatura y enrasado de las probetas



Fotografía 9.- Medida del slump del concreto con cemento tipo I



Fotografía 10.- Cemento puzolánico traído desde una región de la costa del Perú



Fotografía 11.- Procediendo a abrir la bolsa y comenzar a pesar el cemento puzolánico



Fotografía 12.- Pesaje agregados



Fotografía 13.- Pesaje del cemento



Fotografía 14.- Incorporando materiales al trompo mezclado



Fotografía 15.- Mezclando los materiales del concreto con cemento puzolánico



Fotografía 16.- Medida del slump del concreto con cemento puzolánico



Fotografía 17.- Llenando y compactando las probetas con el concreto de cemento puzolánico



Fotografía 18.- Varillado para la compactación del concreto en las probetas



Fotografía 19.- Enrasado de probetas de concreto con cemento puzolánico



Fotografía 20.- Finalización de realización de probetas



Fotografía 21.- Toma de medidas de diámetro de las probetas



Fotografía 22.- Pesando las probetas



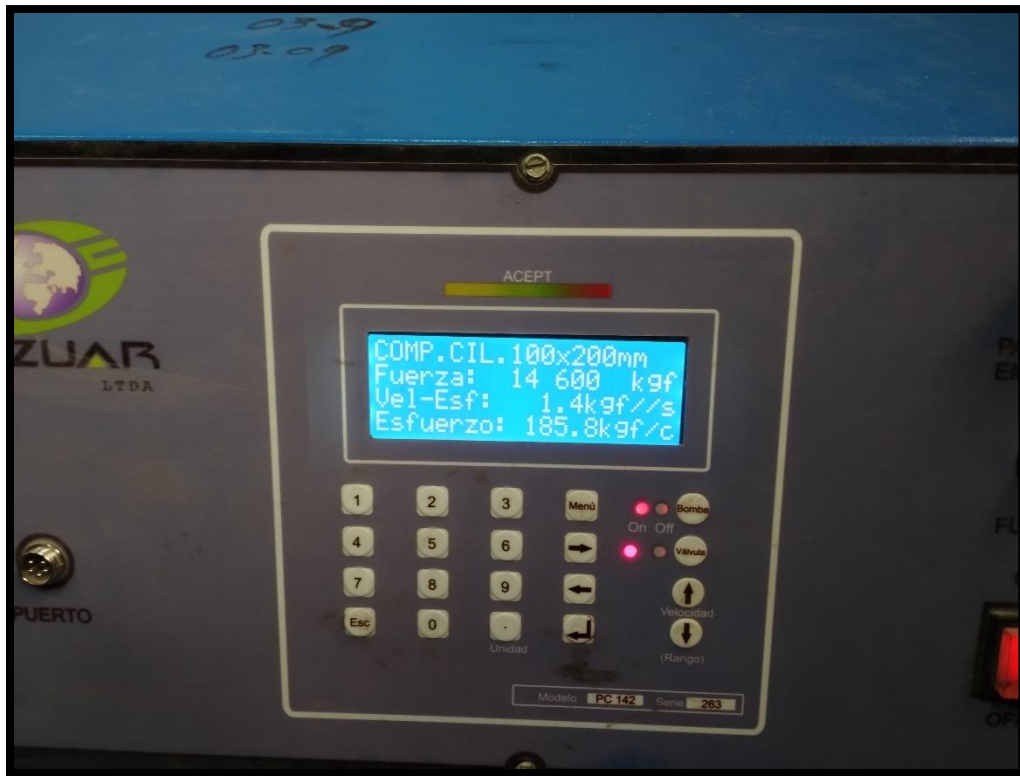
Fotografía 23.- Operando la prensa para el ensayo a compresión



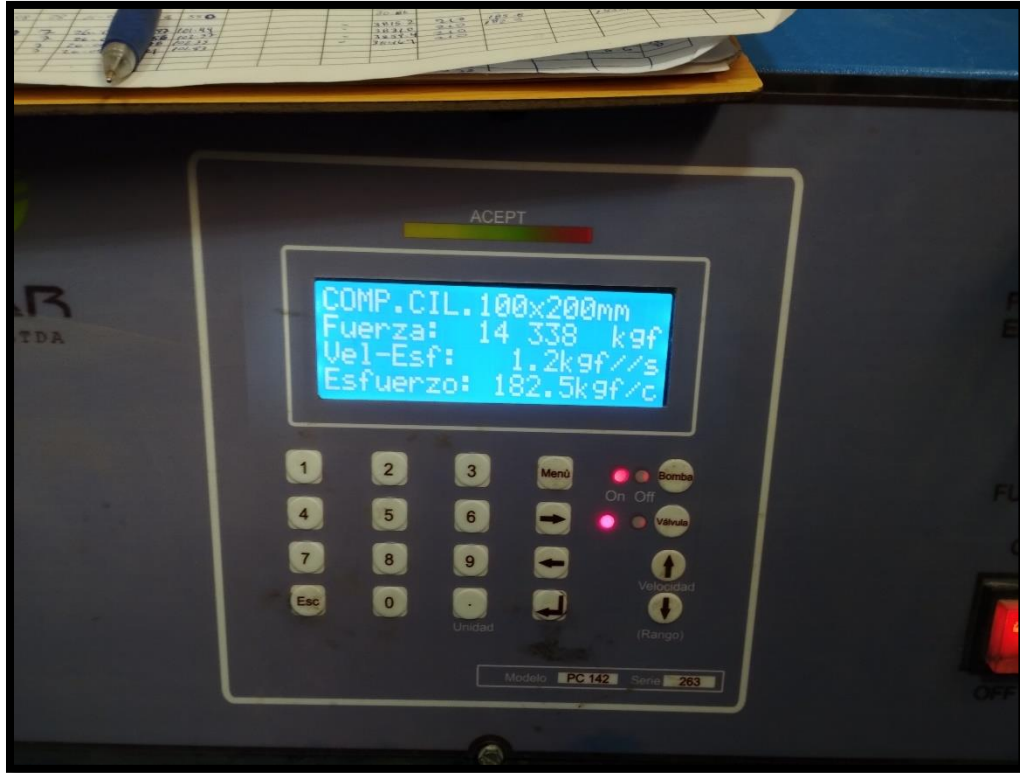
Fotografía 24.- Retirando la probeta tras la falla



Fotografía 25.- Verificando el tipo de falla y la resistencia obtenida



Fotografía 26.- Resistencia a los 7 días en el concreto con cemento tipo I



Fotografía 27.- Resistencia a los 7 días en el concreto con cemento tipo I



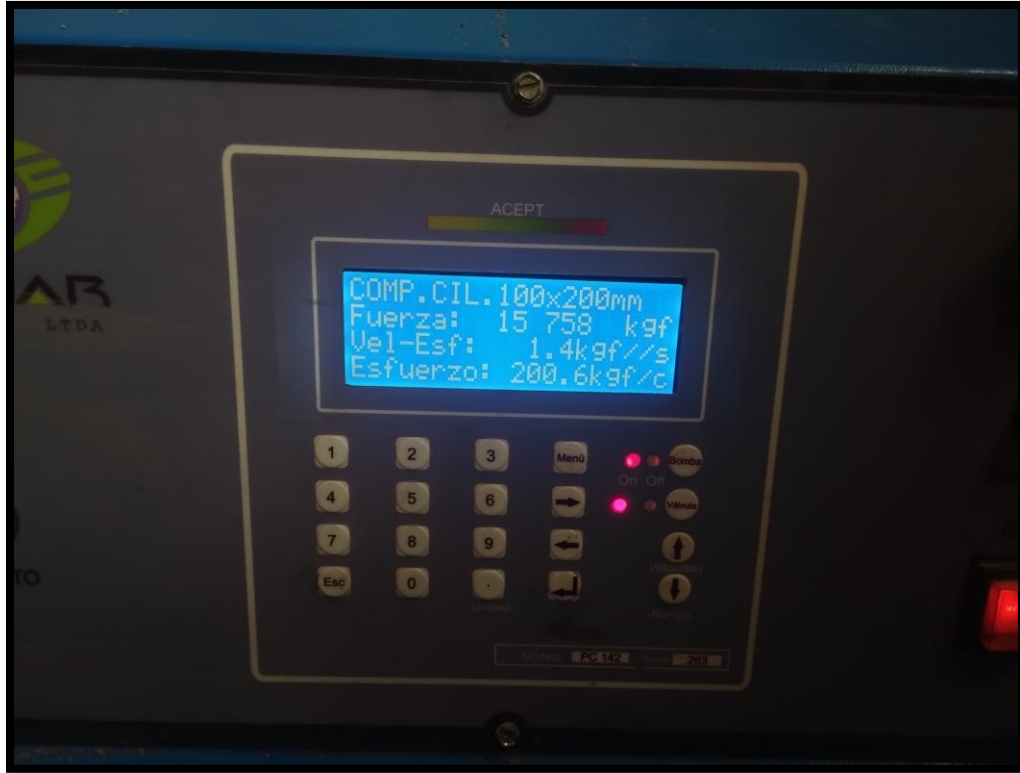
Fotografía 28.- Resistencia a los 7 días en el concreto con cemento puzolánico



Fotografía 29.- Ensayando las probetas a los 14 días



Fotografía 30.- Resultado a los 14 días del concreto con cemento tipo I



Fotografía 31.- Resultado a los 14 días del concreto con cemento puzolánico



Fotografía 32.- Resultado a los 28 días del concreto con cemento tipo I



Fotografía 33.- Resultado a los 28 días del concreto con cemento puzolánico



Fotografía 34.- Resultado a los 49 días del concreto con cemento tipo I



Fotografía 35.- Resultado a los 49 días del concreto con cemento puzolánico

MATRIZ DE CONSISTENCIA

IMPACTO DEL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO EN CIUDADES CON BAJAS TEMPERATURAS DOSIFICADAS CON CEMENTO TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO

	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
General	¿Cuál es el impacto del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico?	Determinar el impacto del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico	Utilizando el cemento tipo I reduce el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperatura y revela mejores resultados de las propiedades y características versus cemento puzolánico.	<p>Dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calor de hidratación. - Resistencia a la compresión. - Diseño de mezcla. - Comportamiento físico del concreto - Temperatura inicial del concreto <p>Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calor de hidratación con Cemento tipo I - Calor de hidratación con Cemento puzolánico 	<p>Tipo de Investigación: Corresponde a las investigaciones experimentales o aplicadas dentro de las ciencias sociales</p> <p>Diseño de la investigación: El diseño experimental por tener un solo grupo de trabajo que se representa de la siguiente manera: GE 01 X 02</p> <p>Población: Calor de hidratación con Cemento tipo I y Calor de hidratación con Cemento tipo I</p> <p>Muestra:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fragua inicial - Testigos de concreto. <p>Método: Cuantitativo- Cualitativo de datos estadístico</p> <p>Nivel de Investigación: Explicativo-Correlacional</p>
Específicos	¿Cómo influye el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico en la resistencia a la compresión?	Determinar la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico en la resistencia a la compresión.	Utilizando el cemento tipo I revela mejores resultados a la resistencia a la compresión del concreto versus cemento puzolánico por la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas.		
	¿Cuál es la dosificación óptima para que el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico no influyan negativamente en el fraguado inicial?	Determinar la dosificación óptima para que el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico no influyan negativamente en el fraguado inicial.	Utilizando la dosificación optima el cemento tipo I revela mejores resultados versus cemento puzolánico por la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas.		
	¿Cuáles son las probabilidades físicas del concreto fresco y como interviene el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico?	Determinar las probabilidades físicas del concreto fresco y como interviene el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico.	Utilizando el cemento tipo I mejora las probabilidades físicas del concreto fresco versus cemento puzolánico por la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas.		
	¿Cuál es la temperatura inicial y como interviene el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico?	Determinar la temperatura inicial y como interviene el calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas dosificadas con cemento tipo I y cemento puzolánico.	Utilizando el cemento tipo I mejora la temperatura inicial versus cemento puzolánico por la influencia del calor de hidratación del concreto en ciudades con bajas temperaturas.		

Fuente: Elaboración propia