

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO CON ADITIVO
QUÍMICO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE
F'C = 175 Kg/Cm² Y 210 Kg/Cm²”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. OSIEL TAPIA CABRERA

ASESOR:

Dr. Ing. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMÍREZ

CAJAMARCA – PERÚ

2024



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: OSIEL TAPIA CABRERA
DNI: 73302288
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
2. Asesor: Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramirez
DNI : 26 673916
Facultad: INGENIERIA
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación: " INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS DE CURADO CON ADITIVO QUÍMICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE $F'c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$ y 210 Kg/Cm^2 "
6. Fecha de evaluación: 4 de Junio del 2024
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 14 % de similitud general
9. Código Documento: oid:3117:359201009
10. Resultado de la Evaluación de Similitud: 14 %
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 4 de Junio del 2024

FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: Hermes Roberto Mosqueira Ramirez
DNI : 26 673916



Firmado digitalmente por:
FERNANDEZ LEON Yvonne
Katherine FAU 20148258801 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 04/06/2024 10:11:53-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

AGRADECIMIENTO

A mi madre, hermanos y amigos los cuales me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de mi formación académica.

A la Universidad Nacional de Cajamarca en la cual he adquirido los conocimientos necesarios para poder ejercer la profesión y poder brindar un servicio a nuestra comunidad.

A mi asesor Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez por su apoyo y guía en la realización del proyecto de investigación.

Osiel T. C.

DEDICATORIA

Dedicado a mi padre, hermanos y en especial a Dios
y a mi Madre fuente de admiración e inspiración
para la realización de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| AGRADECIMIENTO | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| ÍNDICE GENERAL..... | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| RESUMEN | x |
| ABSTRACT | xi |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 12 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 12 |
| 1.3. HIPÓTESIS GENERAL..... | 13 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 13 |
| 1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 13 |
| 1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN | 13 |
| 1.7. OBJETIVOS | 14 |
| 1.7.1. OBJETIVO GENERAL | 14 |
| 1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 14 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO..... | 15 |
| 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS | 15 |
| 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES | 15 |
| 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES | 16 |
| 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES..... | 17 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS..... | 18 |
| 2.2.1. CONCRETO | 18 |
| 2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO..... | 18 |
| 2.2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO | 24 |
| 2.2.4. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO | 26 |
| 2.2.5. CURADO..... | 32 |
| 2.2.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS | 39 |
| CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS..... | 40 |
| 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA..... | 40 |

| | |
|--|----|
| 3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN | 40 |
| 3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CANTERA DE ESTUDIO | 40 |
| 3.2. METODOLOGÍA | 40 |
| 3.2.1. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN ... | 40 |
| 3.2.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO | 41 |
| 3.2.3. MUESTRA..... | 41 |
| 3.2.4. UNIDAD DE ANÁLISIS | 42 |
| 3.2.5. VARIABLES | 42 |
| 3.2.6. PROCEDIMIENTO | 43 |
| 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS | 44 |
| 3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 44 |
| 3.3.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 44 |
| 3.3.3. EQUIPOS Y MATERIALES..... | 44 |
| 3.3.4. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 45 |
| 3.4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 52 |
| 3.4.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS | 52 |
| 3.4.2. DISEÑO DE MEZCLAS | 53 |
| 3.4.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | 53 |
| CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 57 |
| 4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS | 57 |
| 4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN..... | 57 |
| 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS CONTRASTADOS CON LA HIPÓTESIS. ... | 60 |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 61 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 61 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 62 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 63 |
| ANEXOS | 66 |
| APÉNDICE | 74 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Especificaciones químicas de cemento portland tipo I marca Pacasmayo..... | 19 |
| Tabla 2 Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico | 20 |
| Tabla 3 Requisitos granulométricos que deben ser satisfechos por agregado fino | 21 |
| Tabla 4 Requisitos granulométricos para agregado grueso | 23 |
| Tabla 5 Consistencia del concreto | 25 |
| Tabla 6 Selección de asentamiento..... | 27 |
| Tabla 7 Contenido de aire atrapado y agua | 28 |
| Tabla 8 Relación agua/cemento por resistencia | 29 |
| Tabla 9 Volumen de agregado grueso por volumen unitario del concreto..... | 30 |
| Tabla 10 Especificaciones técnicas de los curadores | 38 |
| Tabla 11 Coordenadas geográficas y UTM de la cantera de estudio | 40 |
| Tabla 12 Muestras de la investigación | 42 |
| Tabla 13 Pesos de los tamaños indicados (g) | 48 |
| Tabla 14 Propiedades físicas de los agregados de la cantera “Aguilar” | 52 |
| Tabla 15 Diseño de mezclas para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ | 53 |
| Tabla 16 Diseño de mezclas para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | 53 |
| Tabla 17 Resistencia promedio obtenidas en los ensayos para un concreto de $f'c = 175$ kg/cm^2 | 53 |
| Tabla 18 Resistencia promedio obtenidas en los ensayos para un concreto de $f'c = 210$ kg/cm^2 | 54 |
| Tabla 19 Resistencia promedio obtenidas en los ensayos para un concreto de $f'c = 175$ kg/cm^2 | 55 |
| Tabla 20 Resistencia promedio obtenidas en los ensayos para un concreto de $f'c = 210$ kg/cm^2 | 56 |
| Tabla 21 Disminución promedio de la resistencia a la compresión en el concreto de $f'c$ $= 175 \text{ kg/cm}^2$ | 56 |
| Tabla 22 Disminución promedio de la resistencia a la compresión en el concreto de $f'c$ $= 210 \text{ kg/cm}^2$ | 56 |
| Tabla 23 Ensayo N° 01 de Granulométrico de agregado grueso..... | 74 |
| Tabla 24 Ensayo N° 02 de Granulométrico de agregado grueso..... | 75 |
| Tabla 25 Ensayo N° 03 de Granulométrico de agregado grueso..... | 76 |
| Tabla 26 Ensayo de peso específico del agregado grueso..... | 77 |
| Tabla 27 Ensayo de absorción del agregado grueso..... | 77 |

| | | |
|----------|--|----|
| Tabla 28 | Calculo del factor f del molde de agregado grueso | 77 |
| Tabla 29 | Ensayo peso unitario seco suelto del agregado grueso..... | 78 |
| Tabla 30 | Ensayo peso unitario seco compactado del agregado grueso..... | 78 |
| Tabla 31 | Ensayo del contenido de humedad del agregado grueso | 78 |
| Tabla 32 | Ensayo de partículas que pasan la malla N°200 del agregado grueso..... | 79 |
| Tabla 33 | Ensayo de abrasión del agregado grueso..... | 79 |
| Tabla 34 | Ensayo N° 01 de Granulométrico de agregado fino..... | 80 |
| Tabla 35 | Ensayo N° 02 de Granulométrico de agregado fino..... | 81 |
| Tabla 36 | Ensayo N° 03 de Granulométrico de agregado fino..... | 82 |
| Tabla 37 | Ensayo de peso específico del agregado fino | 83 |
| Tabla 38 | Ensayo de absorción del agregado fino | 83 |
| Tabla 39 | Peso específico del agua..... | 83 |
| Tabla 40 | Factor “f” del recipiente del agregado fino | 84 |
| Tabla 41 | Ensayo peso unitario seco suelto del agregado fino..... | 84 |
| Tabla 42 | Ensayo peso unitario seco compactado del agregado fino | 84 |
| Tabla 43 | Ensayo del contenido de humedad del agregado fino. | 85 |
| Tabla 44 | Ensayo de partículas que pasan la malla N°200 del agregado fino..... | 85 |
| Tabla 45 | Resumen de propiedades de los materiales para el diseño de mezclas | 86 |
| Tabla 46 | Procedimiento para el diseño de mezclas para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | 86 |
| Tabla 47 | Procedimiento para el diseño de mezclas para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ | 87 |
| Tabla 48 | Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y 03 días de curado..... | 89 |
| Tabla 49 | Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y 07 días de curado..... | 90 |
| Tabla 50 | Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y 14 días de curado..... | 91 |
| Tabla 51 | Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y 28 días de curado..... | 92 |
| Tabla 52 | Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 03 días de curado..... | 93 |
| Tabla 53 | Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 07 días de curado..... | 94 |

| | |
|---|----|
| Tabla 54 Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 14 días de curado..... | 95 |
| Tabla 55 Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 28 días de curado..... | 96 |
| Tabla 56 Porcentaje de reducción en la resistencia con respecto al curado en agua para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | 97 |
| Tabla 57 Porcentaje de reducción en la resistencia con respecto al curado en agua para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ | 97 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 Diagrama del procedimiento usado en la investigación..... | 43 |
| Figura 2 Relación entre los días de curado y el curador químico aplicado para una resistencia de 210 kg/cm ² | 55 |
| Figura 3 Relación entre los días de curado y el curador químico aplicado para una resistencia de 175 kg/cm ² | 54 |
| Figura 4 Curva granulométrica del ensayo N° 01 de agregado grueso | 74 |
| Figura 5 Curva granulométrica del ensayo N° 02 de agregado grueso | 75 |
| Figura 6 Curva granulométrica del ensayo N° 03 de agregado grueso | 76 |
| Figura 7 Curva granulométrica del ensayo N° 01 del agregado fino | 80 |
| Figura 8 Curva granulométrica del ensayo N° 02 del agregado fino | 81 |
| Figura 9 Curva granulométrica del ensayo N° 03 del agregado fino | 82 |
| Figura 10 Elaboración de las probetas de concreto en el LEM - UNC | 98 |
| Figura 11 Control de slump de los diseños | 98 |
| Figura 12 Aplicación de curador químico Sika Antisol S. | 99 |
| Figura 13 Aplicación de curador químico Chema Membranil reforzado..... | 99 |
| Figura 14 Curado de probetas con aditivo químico Chema Membranil reforzado | 100 |
| Figura 15 Total de muestras curadas con los aditivos químicos. | 100 |
| Figura 16 Roturas de los especímenes de concreto | 101 |
| Figura 17 Tipo de falla registradas en varios especímenes | 101 |

RESUMEN

En diversas partes del mundo, regiones y países han explorado métodos de curado para mejorar las propiedades del concreto, considerando desafíos climáticos y requisitos de construcción específicos. Sin embargo, en la actualidad, se ha adoptado el uso de compuestos químicos que forman membranas impermeables, evitando la pérdida de humedad después del fraguado por lo que la investigación aborda la comparación entre el curado tradicional con agua y el uso de aditivos químicos formadores de membranas en el concreto a su vez la investigación realizada es del tipo experimental. Se evaluaron tres aditivos: Sika Antisol S y Chema Membranil Reforzado, Z Membrana A, en mezclas de concreto con resistencias $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Se realizaron pruebas en 96 especímenes a diferentes edades (3, 7, 14 y 28 días). Los resultados muestran que el curado tradicional logra resistencias promedio de 246.63 kg/cm^2 y 292.67 kg/cm^2 para $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, respectivamente. En contraste, Chema Membranil Reforzado alcanza 190.90 kg/cm^2 y 255.50 kg/cm^2 , Sika Antisol S obtiene 185.40 kg/cm^2 y 244.80 kg/cm^2 , mientras que Z Membrana A registra 179.80 kg/cm^2 y 244.00 kg/cm^2 para las mismas especificaciones. Estos hallazgos sugieren que el curado tradicional con agua es más efectivo para alcanzar resistencias a la compresión requeridas en comparación con el uso de aditivos químicos formadores de membranas. Sin embargo, los aditivos también pueden proporcionar resultados aceptables, aunque ligeramente inferiores en términos de resistencia a la compresión.

Palabras clave: Concreto, Curador químico, Resistencia a la Compresión, Especímenes, Membrana.

ABSTRACT

In various parts of the world, regions and countries have explored curing methods to improve concrete properties, considering climatic challenges and specific construction requirements. However, currently, the use of chemical compounds that form waterproof membranes has been adopted, avoiding the loss of moisture after setting, so the research addresses the comparison between traditional curing with water and the use of chemical additives that form moisture. membranes in concrete, in turn, the research carried out is experimental. Three additives were evaluated: Sika Antisol S and Chema Membranil Reinforced, Z Membrane A, in concrete mixtures with resistances $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ and $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Tests were performed on 96 specimens at different ages (3, 7, 14 and 28 days). The results show that traditional curing achieves average resistances of 246.63 kg/cm^2 and 292.67 kg/cm^2 for $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ and $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, respectively. In contrast, Chema Reinforced Membranil reaches 190.90 kg/cm^2 and 255.50 kg/cm^2 , Sika Antisol S obtains 185.40 kg/cm^2 and 244.80 kg/cm^2 , while Z Membrane A registers 179.80 kg/cm^2 and 244.00 kg/cm^2 for the same specifications. . These findings suggest that traditional water curing is more effective in achieving required compressive strengths compared to the use of membrane-forming chemical additives. However, additives can also provide acceptable results, although slightly inferior in terms of compressive strength.

Key words: Concrete, Chemical compound, Strength resistance, Specimen, Membrane.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un curado ineficiente puede tener consecuencias graves en el concreto, incluyendo una reducción significativa de su resistencia debido a la hidratación incompleta o la evaporación rápida del agua esencial para el proceso de fraguado. La falta de humedad adecuada durante el curado puede llevar a fisuras y agrietamientos en la superficie del concreto, comprometiendo su integridad estructural y apariencia estética. Además, un curado inadecuado puede resultar en la formación de eflorescencias, depósitos blancos causados por la migración de sales solubles, afectando negativamente la apariencia visual y la textura del concreto. (Cuellar, 2017).

Los curadores formadores de membranas vienen siendo ampliamente utilizados en el proceso de curado del concreto, ya que estos a menudo disminuyen el tiempo en el cual el concreto debe permanecer en condiciones húmedas para alcanzar la resistencia deseada, la forma como operan estos compuestos químicos es formando una membrana que retiene la humedad y evita la evaporación en el concreto, disminuyendo de esta manera la formación de grietas y fisuras en la superficie del concreto (Horna, 2018).

El concreto es una mezcla de cemento, agua y agregados (como arena y grava), que, al fraguar y curar, se convierten en una estructura sólida resistente. Sin embargo, el concreto necesita tiempo para curar adecuadamente y alcanzar su máxima resistencia, durante este tiempo debemos garantizar una hidratación adecuada de la superficie del concreto. La hidratación del concreto se puede realizar de diferentes maneras, una de las más antiguas y utilizada en la actualidad es la aplicación de capas de agua en el concreto después que ha pasado su periodo de fraguado, por otro lado, en la actualidad se viene utilizando en gran medida compuestos químicos que forman membranas impermeables que no permiten la pérdida de agua después del fraguado (Luna, 2020).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la influencia en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 175$ kg/cm² y $f'_c = 210$ kg/cm² al utilizar curadores químicos formadores de membranas y el método de curado tradicional sumergido total en agua?

1.3. HIPÓTESIS GENERAL

La resistencia a la compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sometido a curadores químicos formadores de membranas disminuye más de 5 % en comparación al curado tradicional sumergido total en agua.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación abordó una problemática común en el sector de la construcción al proporcionar información que permite identificar cuál de los métodos de curado con aditivo químico comúnmente utilizados en las obras de construcción ofrece una mayor resistencia a la compresión ($f'c$), contribuyendo así a un conocimiento más profundo sobre la teoría y la aplicabilidad de los distintos métodos de curado con aditivo químico en estructuras de construcción. Este estudio evaluó la eficiencia de varios curadores químicos formadores de membranas (Antisol S, Membranil Reforzado y Z Membrana A) en el concreto con resistencias de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ mediante ensayos de compresión uniaxial.

1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- La presente investigación se realizó en la localidad de Cajamarca, provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca.
- Los ensayos se realizaron en los meses de febrero a junio del año 2023, utilizando especímenes cilíndricos con diámetro 6" (15 cm) y altura de 12" (30 cm) de concreto con $f'c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ con agregados de la cantara "Aguilar" y cemento portland tipo I de la marca Pacasmayo.
- El curado de los especímenes de concreto se lo realizó con agua de la localidad de Cajamarca, los curadores químicos formadores de membrana utilizados fueron: Antisol S de la marca SIKA; Membranil Reforzado de la marca Chema y Z membrana A de la marca Z Aditivos.
- se aplicó los curadores químicos mediante atomizadores y en dos capas, en un lapso de 4 horas después del desencofrado.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

No se midió el espesor de la membrana formada por los curadores, ya que esta es una membrana bastante delgada que recubre el concreto y no se cuenta con los instrumentos necesarios para la realizar de este proceso.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la influencia de los métodos de curado con aditivo químico en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, desarrollada mediante el curado tradicional de inmersión total en agua.
- Determinar la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, desarrollada usando en el curado del concreto el aditivo químico Z Membrana A.
- Determinar la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, desarrollada usando en el curado aditivo químico Sika Antisol S.
- Determinar la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, desarrollada usando en el curado el aditivo químico Chema Membranil Reforzado.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Mohamed & Najm (2019) en India, en su investigación: “Effect of Curing Methods on Compressive Strength of Sustainable Self-Consolidated Concrete” (Efecto de los métodos de curado sobre la resistencia a la compresión del hormigón autoconsolidado sostenible) El propósito del estudio fue comparar la resistencia a la compresión del concreto curado utilizando tres métodos diferentes: inmersión en agua, curado al aire a temperatura elevada y curado con un compuesto químico basado en acrílico. Se evaluó la resistencia a la compresión en cubos estándar de 150 mm x 150 mm x 150 mm fabricados con concreto autoconsolidado sostenible, en el cual se reemplazó el 90% del cemento Portland ordinario con combinaciones de escoria granulada de alto horno (GGBS), humo de sílice y cenizas volantes. Se examinaron un total de 20 mezclas, 10 con una relación aglutinante (p / p) de 0.33 y 10 con una relación de 0.36. Los resultados mostraron que las muestras curadas al aire a 45°C exhibieron la mayor resistencia a la compresión a los 28 días, independientemente de la composición de la mezcla. En conclusión, se destacó que el concreto autoconsolidado sostenible demostró tener una alta resistencia a la compresión.

Zareth & Ordoñez (2021) en Colombia, en su investigación: “Análisis de la influencia de las técnicas empleadas para el curado de cilindros de concreto hidráulico sobre la resistencia a la compresión” El estudio examinó la influencia de varios métodos de curado en la resistencia a la compresión del concreto. Estos métodos incluyeron inmersión en agua potable, inmersión en agua con solución química (cal) y control de temperatura, inmersión en agua de mar, uso de agentes de curado, recubrimiento con láminas de polietileno, rociado manual de agua, así como la ausencia de curado y métodos de curado mediante aditivos químicos. Se encontró que el uso de polietileno como método de curado fue el más efectivo para mejorar la resistencia a la compresión del concreto. El estudio concluyó que el empleo de polietileno como agente de curado ejerce una influencia significativa en el proceso de curado del concreto.

Venkateswara et al. (2021) en India, en su investigación: “Strength properties of double blend and triple blend self-compacting concrete subjected to different curing

methods” (Propiedades de resistencia del concreto autocompactante de doble y triple mezcla sometido a diferentes métodos de curado) El proceso de hidratación del concreto, así como la formación de características y resistencia del concreto autocompactante M50 (500 kg/cm²), se ven influenciados por el método de curado empleado. En este estudio, se evaluó la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, utilizando el método convencional de curado en pozas como referencia, y se comparó con el uso de membranas de cera líquida y polímeros líquidos. Para mejorar la trabajabilidad y la capacidad de llenado del concreto autocompactante, se empleó un superplastificante a base de policarbonatos con cadenas poliméricas de éter de longitud considerable. Se encontró que el uso de membranas de polímeros como método de curado proporciona mejores resultados que las membranas de cera, y además permite la aplicación de recubrimientos o pinturas sobre la superficie del concreto. Se observaron aumentos significativos en la resistencia a temprana edad a los 7 días, aunque esta tendencia disminuye después de este periodo, en comparación con el concreto curado en las pozas de agua de referencia.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Jacobo (2019) en Trujillo, en su investigación: “Influencia del curado del concreto con agua y curado artificial en la resistencia a la compresión del concreto” Se llevó a cabo un estudio de resistencia a la compresión utilizando un diseño de mezcla basado en el método ACI 211 como estándar para todas las muestras. Se prepararon probetas de concreto en el laboratorio, con un total de 16 probetas por cada tipo de curador: Sikacemcurador, Membranil Vista y agua. El curado de las probetas se realizó a los siete, catorce, veintiún y veintiocho días. Después de completar el periodo de curado, las probetas se sometieron a ensayos de rotura por compresión, proporcionando datos para el análisis experimental posterior. Los resultados indicaron que, a los 28 días, el agua mostró la máxima resistencia a la compresión del concreto, alcanzando 204 kg/cm², seguido por Sikacemcurador con 180.25 kg/cm² y Membranil Vista con 170.50 kg/cm². Esto sugiere que el agua es el curador más efectivo según los resultados obtenidos.

Horna (2018) en Trujillo, en su investigación: “Influencia de los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto sobre la resistencia a compresión, Trujillo 2018” Para la elaboración de la tesis, se empleó cemento Pacasmayo tipo I, agregado grueso con tamaño máximo nominal de ½", y agregado fino con un

módulo de finura de 2.3 para diseñar una mezcla de concreto siguiendo el método ACI-211, con una resistencia objetivo de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y una relación agua/cemento de 0.55. Se evaluaron diferentes métodos de curado, incluyendo: a) curado por inmersión continua en agua con cal, b) curado por aspersion (simulando condiciones de obra), c) curado con curadores químicos (Sika Antisol S, Z membrana blanco y curador Membranil), y d) exposición al medio ambiente sin curado. Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión del concreto endurecido, utilizando 192 probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, las cuales se ensayaron a los 3, 7, 14 y 28 días de curado según las normas ASTM C31 y ASTM C39. Se llegó a la conclusión de que el método de curado más efectivo fue el curado con curador Membranil reforzado de la marca Chema, mientras que el método sin curar arrojó los valores más bajos de resistencia. Además, todas las resistencias obtenidas a los 28 días con los diferentes métodos de curado cumplieron con los requisitos del diseño establecido.

Luna (2020), en Trujillo, en su investigación: “Influencia de los tipos de curadores en concretos con plastificante, retardante y acelerante; sobre la compresión y sorptividad El objetivo del estudio fue investigar cómo diferentes tipos de curadores de la marca Curet Z, Per Kuret y Masterkure 220 WB afectan la resistencia a la compresión y la sorptividad en concretos que contienen plastificantes, retardantes y acelerantes. Los resultados revelaron que el aditivo químico curador Masterkure 220 WB demostró una mayor resistencia en concretos sin aditivos (348 kg/cm^2) y con plastificantes (403 kg/cm^2). Por otro lado, el curador Per Kuret mostró resultados favorables en concretos con aditivos retardantes (375 kg/cm^2) y acelerantes (356 kg/cm^2). En cuanto a la sorptividad, se observó que las muestras curadas mediante inmersión total en agua obtuvieron los mejores resultados, ya que este método facilita una hidratación más efectiva del concreto.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Tejada (2016) en Cajamarca, en su investigación: “Efectividad del curado interno del concreto mediante la saturación del agregado grueso en comparación a otros tipos de curado” El propósito del estudio fue comparar la efectividad del curado interno del concreto a través de la saturación del agregado grueso en términos de humedad y resistencia a la compresión, en relación con otros tres métodos de curado: rociado con agua, aplicación de líquido formador de membrana y sumersión en agua. Se establecieron cuatro métodos de curado para el concreto, utilizando agregado chancado de río,

manteniendo un diseño de mezcla constante con una resistencia objetivo de $f'_c = 210$ kg/cm². Se evaluaron las variables de humedad en el concreto y la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos a las edades de 7, 28 y 90 días. Se concluyó que el curado interno mediante la saturación del agregado grueso resultó más efectivo en la retención de humedad y el aumento de la resistencia a la compresión del concreto en comparación con los otros métodos de curado estudiados.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CONCRETO

El término "concreto" se refiere a una combinación de ingredientes que incluyen cemento Portland u otro tipo de cemento hidráulico, agregado grueso, agregado fino y agua. Esta mezcla fundamental puede ser complementada con aditivos con el fin de mejorar sus características tanto en estado fresco como endurecido del concreto. (ACI 318-19, 2019, p.37)

El concreto consiste en una combinación de un agente aglomerante (o conglomerante) y la inclusión de agregados. El agregado fino está compuesto principalmente por arena, que puede ser obtenida de fuentes naturales como ríos o canteras. El agregado grueso consiste en partículas de rocas trituradas. En la composición estándar del concreto, el agente aglomerante está formado por una mezcla de cemento Portland y agua, aunque también pueden utilizarse otros materiales como puzolanas, escorias, además de la adición de aditivos químicos para mejorar ciertas propiedades del concreto. (NTP 339.047, 2023, p.8).

2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO

La mezcla de concreto típicamente incluye partículas pétreas, las cuales se clasifican en agregado grueso y fino según su tamaño. Los agregados representan aproximadamente el 80% del peso total del concreto, lo que resalta la importancia crucial de la calidad de estos materiales para garantizar una mezcla de concreto de alta calidad. La calidad de los agregados está determinada por la calidad de la roca madre de la cual provienen, así como por los métodos utilizados en su extracción. Además de los agregados, la mezcla incluye cemento Portland y agua. (Porrero et al., 2014).

A. CEMENTO

El cemento desempeña el papel de material conglomerante en la mezcla de concreto, compuesto principalmente por silicatos y aluminatos de calcio. Su producción implica el

uso primordialmente de rocas calizas, que contienen carbonatos de calcio, así como arcillas y/o esquistos que aportan óxidos de silicio, aluminio y hierro. La unión de cemento y agua forma una matriz conglomerante que, tras el proceso de fraguado, desarrolla propiedades de resistencia y rigidez. Este producto se emplea extensamente en diversas aplicaciones, incluyendo construcción civil, consolidación de desechos y estabilización de suelos. (Instituto del Cemento Portland Argentino [ICPA], 2021, p. 1)

Al cemento si se le agrega una cantidad conveniente de agua da como resultado una pasta conglomerante que va a endurecer, las reacciones producidas por los componentes del cemento en contacto con el agua forman silicatos los cuales producen el endurecimiento y la fijación, tiene la propiedad de endurecerse bajo el agua y al aire. (NTP 334.001, 2022, p.7).

a.1. Tipos de cemento portland

Es un tipo de cemento hidráulico el cual se produce mediante la pulverización del Clinker de portland, el cual está compuesto principalmente de silicatos de calcio hidráulicos y al cual generalmente se le añade una o más formas de sulfato de calcio como una adición en su molienda. (NTP 334.001, 2022, p.8).

En la norma ASTM C 150-07 nos indica la siguiente clasificación de cementos portland:

- ✓ Cemento Tipo I: Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.

Tabla 1

Especificaciones químicas de cemento portland tipo I marca Pacasmayo

| ensayo | Tipo | Valor | unid | Norma de ensayo | resultados |
|----------------------|--------|-------|------|-----------------|------------|
| MgO | Máximo | 6.0 | % | NTP 334.086 | 2.40 |
| SO3 | Máximo | 3.0 | % | NTP 334.086 | 2.82 |
| Perdida por ignición | Máximo | 3.5 | % | NTP 334.086 | 3.00 |
| Residuos insolubles | Máximo | 1.5 | % | NTP 334.086 | 0.50 |

Fuente: Ficha técnica cementos Pacasmayo (2023, p.1)

B. AGREGADOS

El impacto de los agregados en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, tanto en su estado fresco como endurecido, ha llevado a una mayor atención y estudio sobre su selección como componente del concreto. En comparación con épocas

anteriores, donde este aspecto no era considerado con tanto detalle, ahora se reconoce su importancia. La norma NTP 400.011 de 2020 también se refiere a los agregados como áridos, los cuales pueden ser de origen natural o artificial y están clasificados según su distribución granulométrica.

Tabla 2

Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico

| Agregado | Tamices normalizados |
|----------|----------------------|
| FINO | 150µm (N° 100) |
| | 150µm (N° 50) |
| | 150µm (N° 30) |
| | 1,18 mm (N° 16) |
| | 2,36 mm (N° 8) |
| | 4,75 mm (N° 4) |
| GRUESO | 9,50 mm (3/8) |
| | 12,5 mm (1/2) |
| | 19,0 mm (3/4) |
| | 25,0 mm (1) |
| | 37,5 mm (1 ½) |
| | 50,0 mm (2) |
| | 63,0 mm (2 ½) |
| | 75,0 mm (3) |
| | 90,0 mm (3 ½) |
| | 100,0 mm (4) |

Fuente: NTP.400.011 (2020, p.7)

b.1. Agregado fino o arena

Según la norma NTP 400.011, el agregado fino se define como el material que se obtiene de la desintegración natural o artificial de rocas y cuyo tamaño oscila entre los tamices de 9.5 mm (3/8") y la malla de 75 µm (N°200). Se considera que el agregado fino es aquella fracción que pasa principalmente por el tamiz de 4.75 mm (N° 4) y se retiene mayoritariamente en el tamiz de 75 µm (N° 200). (NTP 339.047, 2022, p.5).

Algunas de las condiciones que debe cumplir el agregado fino o arenas son:

- Sus partículas pueden estar conformadas por arenas estas ya sean naturales no manufacturada o bien sea una combinación de estas, constituido de partículas limpias, con un perfil angular, resistente y compacto.

- Las partículas que componen el agregado fino deben estar libres de polvo, materia orgánica, sales, terrones esquistos u otras sustancias dañinas.
- No debe existir la presencia de materia orgánica de acuerdo a lo estipulado en la norma NTP 400.013.
- La recomendación de la granulometría que se encuentre dentro de los límites establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 3

Requisitos granulométricos que deben ser satisfechos por agregado fino

| Requisitos granulométricos que deben ser satisfechos por agregado fino | |
|--|---|
| Tamiz estándar | %en peso del material que pasa el tamiz |
| 3/8'' (9.5 mm) | 100 |
| N°4 (4.75mm) | 95 a 100 |
| N°8 (2.36 mm) | 80 a 100 |
| N°16(1.18 mm) | 50 a 85 |
| N°30 (600 μm) | 25 a 60 |
| N°50(300 μm) | 5 a 30 |
| N°100 (150 μm) | 0 a 10 |
| N°200 (75 μm) | 0 a 30 ^A |

Fuente: NTP 400.037 (2021, p.9)

^A Para concreto no sujeto a la abrasión el límite para el material más fino que es el tamiz 75 μm (No. 200) debe ser máximo 5 %.

b.2. Agregado grueso

Según la norma NTP 400.011 de 2020, el agregado grueso se define como la fracción de material retenida en el tamiz de 4,75 mm (N° 4), y sus límites se especifican en la tabla 3. Este tipo de agregado proviene de la desintegración natural o mecánica de la roca. El agregado grueso consiste en partículas rocosas que tienen un perfil angular o semiangular, son rocas duras, resistentes y de textura rugosa. Además, el agregado grueso debe cumplir con las condiciones establecidas en la norma NTP 400.037. (Rivva López, 2015).

- Debe tener una granulometría continua

- Su tamaño máximo nominal de las partículas no debe exceder a un quinto de la menor longitud entre los lados del encofrado o un tercio del espesor de una losa.
- También indica que el tamaño máximo nominal no debe ser mayor a los tres cuartos del espaciamiento mínimo del acero de refuerzo.
- Además, deber cumplir con el huso granulométrico siguiente:

Tabla 4*Requisitos granulométricos para agregado grueso*

| Requisitos granulométricos del agregado grueso | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|---|---------------|-----------|---------------|-----------|-----------------|-----------|-------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Tamaño N° | Tamaño nominal en pulgadas | Porcentajes pasantes en peso para cada malla estándar | | | | | | | | | | | | |
| | | 4" (100mm) | 3 1/2" (90mm) | 3" (75mm) | 2 1/2" (63mm) | 2" (50mm) | 1 1/2" (37.5mm) | 1" (25mm) | 3/4" (19mm) | 1/2" (12.5mm) | 3/8" (9.5mm) | N04 (4.75mm) | N08 (2.36mm) | N016 (1.18mm) |
| 1 | 3 1/2" a 1 1/2" | 100 | 90 a 100 | | 25 a 60 | | 0 a 15 | | 0 a 5 | | | | | |
| 2 | 2 1/2" a 1 1/2" | | | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | | 0 a 5 | | | | | |
| 3 | 2" a 1" | | | | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | | 0 a 5 | | | | |
| 357 | 2" a malla ø 4 | | | | 100 | 95 a 100 | | 35 a 70 | | 10 a 30 | | 0 a 5 | | |
| 4 | 1 1/2" a 3/4" | | | | | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | | 0 a 5 | | | |
| 457 | 1 1/2" a malla ø 4 | | | | | 100 | 95 a 100 | | 35 a 70 | | 10 a 30 | 0 a 5 | | |
| 5 | 1 " a 1/2" | | | | | | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | | | |
| 56 | 1" a 3/8" | | | | | | 100 | 90 a 100 | 40 a 85 | 10 a 40 | 0 a 15 | 0 a 5 | | |
| 57 | 1" a malla ø 4 | | | | | | 100 | 95 a 100 | | 25 a 60 | | 0 a 10 | 0 a 5 | |
| 6 | 3/4" a 3/8" | | | | | | | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | 0 a 5 | | |
| 67 | 3/4" a malla ø 4 | | | | | | | 100 | 90 a 100 | | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | |
| 7 | 1/2" a malla ø 5 | | | | | | | | 100 | 90 a 100 | 40 a 70 | 0 a 15 | 0 a 5 | |
| 8 | 3/8" a malla ø 6 | | | | | | | | | | 85 a 100 | 0 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 |

Fuente: NTP 400.037 (2021, p.8)

C. AGUA PARA MEZCLADO

En la mezcla de concreto el agua tienen dos funciones importantes: la primera es la de reaccionar con el cemento, la segunda es la de brindar trabajabilidad a la mezcla lo cual permite que el concreto se adapte a las formas que desea construir.

La norma ASTM C 1602/C 1602 M establece los requisitos para el agua de mezclado o amasado utilizada en el concreto. Esta norma permite el uso de agua potable sin necesidad de realizar pruebas adicionales. Además, proporciona métodos para clasificar fuentes de agua no potable y evaluar sus efectos en los tiempos de fraguado del concreto. También establece límites opcionales para la presencia de cloruros, sulfatos, álcalis y sólidos en el agua de mezcla. (ACI 211.1, 2022, p.7).

La colocación adecuada del agua de mezclado es crucial para garantizar una buena trabajabilidad del concreto. La falta de agua en la mezcla conduce a una baja trabajabilidad, mientras que un exceso de agua puede resultar en porosidad en el concreto endurecido y una disminución de su resistencia.

2.2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO

A. EN ESTADO FRESCO

a. La trabajabilidad

La trabajabilidad del concreto fresco se refiere a su capacidad para ser mezclado, colocado, consolidado y terminado de manera efectiva hasta alcanzar una consistencia homogénea. Esta propiedad del concreto se ve influenciada por diversos factores, como las proporciones y granulometrías de los agregados, la cantidad de agua utilizada, la calidad del cemento, la consistencia de la mezcla, la presencia de aire incorporado y la posible adición de aditivos químicos. (ACI 211.1, 2022, p.4).

b. Consistencia

La consistencia del hormigón fresco se refiere a su capacidad para deformarse o adaptarse a una forma específica, lo que también se conoce como su capacidad para fluir. Esta propiedad se evalúa mediante la medición del asentamiento, donde un mayor asentamiento indica una mezcla de concreto más móvil. El nivel de asentamiento está influenciado por varios factores; por ejemplo, el concreto elaborado con agregado granular angular y textura rugosa requiere más agua, mientras que este requerimiento disminuye con un aumento en el tamaño máximo del agregado bien graduado o en el nivel de aire incorporado. (ACI 211.1, 2022, p.4).

Tabla 5*Consistencia y asentamiento del concreto*

| Consistencia | Asentamiento | | | |
|--------------|--------------|---|------------|--|
| Seca | 0" (0mm) | a | 2" (50mm) | |
| Plástica | 3" (75mm) | a | 4" (100mm) | |
| Fluida | ≥ 5" (125mm) | | | |

Fuente: Medina (2016)

B. EN ESTADO ENDURECIDO**a. Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión se evalúa convencionalmente mediante el promedio de dos muestras cilíndricas de 6 x 12 pulgadas o tres de 4 x 8 pulgadas, fabricadas, curadas y probadas a los 28 días de edad. Este valor de resistencia es fundamental para el control del diseño estructural, la evaluación y la dosificación del concreto. Las especificaciones de resistencia del concreto varían según las condiciones de uso, desde resistencias $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ hasta más de $f'c = 700 \text{ kg/cm}^2$. La resistencia a la compresión se ve influenciada por los procesos de producción, los componentes de la mezcla y las condiciones de curado. En algunos casos, como en pavimentos, se requiere alcanzar la resistencia deseada en un corto período de tiempo, lo que puede lograrse mediante el uso de más cemento o aditivos químicos. A menudo, las mezclas de concreto se diseñan para alcanzar la resistencia requerida a los 28 días, pero en ocasiones se necesita una resistencia mínima a edades tempranas para fines como el anclaje de nuevos elementos estructurales o el concreto pretensado. La relación agua-cemento puede ser ajustada para garantizar la resistencia y durabilidad deseada del concreto. (ACI 211.1, 2022, p.4).

La resistencia a la compresión es una de las propiedades más críticas del concreto endurecido y se utiliza como criterio principal para aprobar o rechazar el uso de diseños de mezcla de concreto. Dado que las propiedades del concreto endurecido están interrelacionadas, la resistencia a la compresión adquiere una importancia significativa en la evaluación del concreto. (Rivva Lopez, 2015).

b. Durabilidad

La durabilidad es una especificación clave en la construcción con concreto, ya que se busca que el material tenga una vida útil prolongada. Aunque la resistencia a la compresión es una característica fundamental del concreto, es importante considerar también su durabilidad. Esto puede implicar la necesidad de utilizar una relación agua-cemento más baja para mejorar la vida útil y reducir la permeabilidad del concreto. Para mejorar la durabilidad del concreto expuesto a condiciones adversas, como la exposición a sulfatos, congelamiento o el uso de sales para descongelamiento, se pueden emplear cementos especiales y aditivos químicos para la incorporación de aire en la mezcla. (ACI 211.1, 2022, p.5).

2.2.4. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

Este viene siendo el proceso mediante el cual se van a ir determinando las características del concreto a elaborar. La determinación de las propiedades que tendrá el concreto se da de acuerdo a las condiciones de uso del mismo, tanto para las propiedades en estado fresco del concreto como para las propiedades mecánicas del concreto ya endurecido y las propiedades de los materiales a utilizar como ingredientes en la formación del concreto. Mediante este proceso se va a obtener las cantidades de los diferentes materiales a utilizar para poder lograr determinadas características en el concreto endurecido.

A. MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

El proceso para la selección y estimación de los requisitos de los materiales por metro cúbico de concreto implica una cierta cantidad de pasos secuenciales y sencillos pues se los realizara de acuerdo a las características de los materiales y a las condiciones de disponibles para la mezcla. (ACI 211.1, 2022, p.14).

Para la selección de un adecuado proporcionamiento se deben seguir los siguientes pasos

Paso 1: Elección del Asentamiento: el asentamiento se puede seleccionar de acuerdo al trabajo donde se va a realizar pues en la tabla 5 se pueden seleccionar el asentamiento apropiado para el trabajo a realizar. La tabla nos proporciona valores de asentamiento como punto de partida mas no se deben tomar como una especificación, pues estos pueden cambien de acuerdo con las condiciones específicas que se cuenta en cada lugar. (ACI 211.1, 2022, p.14).

Tabla 6*Selección de asentamiento.*

| SLUMP | Tipo de Construcción |
|---------|---|
| 1" - 4" | Encofrado Deslizante |
| 2" - 4" | Concreto Masivo |
| 2" - 5" | Pavimentos y losas, zapatas planas, cajones, muros de subestructura, muro de cimentación reforzado y zapatas. |
| 3" - 5" | Vigas, muros reforzados y columnas de construcción. |

Fuente: ACI 211.1 (2022)

Paso 2: Elección del Tamaño máximo nominal del agregado:

Por lo general se debería de elegir el agregado con tamaño más grande económicamente disponible y consistente con las dimensiones de la estructura, pues debe cumplir las siguientes condiciones dadas en la normativa ACI.

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, torones o ductos de pre-esfuerzo.
- 1/3 del peralte de las losas.

Paso 3: Estimación del contenido de agua y aire de mezcla:

El contenido de agua por metro cubico de mezcla está determinado por el tamaño máximo nominal, forma de las a partículas, textura, clasificación de los agregados y también por el asentamiento requerido de la mezcla. El proporcionamiento de agua y aire aproximado para los diferentes tamaños máximos nominales y asentamientos se muestran a continuación.

Tabla 7*Contenido de aire atrapado y agua*

| Tipo de concreto | Asentamiento | TMN de agregado grueso | | | | | | | |
|----------------------|------------------------------|------------------------|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| | | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 6" |
| Sin aire incorporado | 1" - 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| | 3" - 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| | > 5" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | - |
| | Contenido de aire atrapado % | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| Con aire incorporado | 0" - 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| | 3" - 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| | > 5" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | - |
| | Contenido de aire total % | 8 | 7 | 6 | 5 | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 |

Fuente: ACI 211.1 (2022)

Después de establecer una estimación inicial de la cantidad de agua y aire para la mezcla de concreto, se sugiere reservar aproximadamente un 10% del agua y agregarla gradualmente. Esto se hace con el fin de lograr el asentamiento adecuado de la mezcla. Además, la cantidad de agua necesaria puede variar dependiendo de la textura y forma de los agregados, así como de otros factores.

El contenido de aire en la mezcla de concreto está influenciado por el tamaño máximo nominal del agregado. La tabla 6 muestra el contenido de aire atrapado en la mezcla, el cual puede variar según las condiciones específicas de colocación, como se detallan en las normativas como ACI 318-19. Sin embargo, para propósitos de diseño normales, no abordaremos estas condiciones en este estudio.

Paso 4: Selección de la relación agua – cemento “a/c”

La relación agua-cemento no solo se determina en función de las necesidades de resistencia, sino también de las consideraciones de durabilidad. Los valores aproximados para las relaciones entre agua y material cementante se establecen de acuerdo con la resistencia requerida, ya que los diversos agregados y tipos de cemento utilizados pueden resultar en diferencias en las resistencias de las mezclas producidas. Para concretos

elaborados con cemento Portland tipo I, podemos utilizar la siguiente tabla como referencia para las relaciones agua-cemento.

Tabla 8

Relación agua/cemento por resistencia

| f'c Kg/cm2 | Relación a/c en peso | |
|---------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | Concreto sin aire incorporado | Concreto con aire incorporado |
| 150 | 0.8 | 0.71 |
| 200 | 0.7 | 0.61 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 350 | 0.48 | 0.4 |
| 400 | 0.43 | |
| 450 | 0.38 | |

Fuente: ACI-211.1 (2022, p. 16)

Paso 5: Cálculo de material cementante.

La cantidad de material cementante por unidad de volumen se determina utilizando los datos obtenidos en los pasos 3 y 4. Este valor se calcula dividiendo la cantidad obtenida en el paso 3 por la relación agua-cemento obtenida en el paso 4. La adición de aditivos para mejorar la durabilidad o la consistencia del concreto no afecta la cantidad de material cementante a utilizar, ya que estos aditivos son productos químicos que modifican la consistencia, la cantidad de aire incorporado o reducen la cantidad de agua necesaria en la mezcla. (ACI-211.1, 2022, p. 16).

$$\text{Contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = (\text{cantidad de agua}) / (\text{relación a/c})$$

Paso 6: Estimación del contenido de agregado grueso.

Con un tamaño máximo nominal uniforme del agregado grueso se obtendrá una mezcla de concreto con una trabajabilidad y consistencia satisfactoria, en la tabla siguiente se muestra la cantidad de agregado grueso seco varillado con respecto a los diferentes módulos de finura del agregado fino. Para el cálculo del volumen del agregado grueso se multiplica por su peso volumétrico del agregado obtenido en los ensayos del agregado. ACI-211.1 (2022, p. 16).

Tabla 9*Volumen de agregado grueso por volumen unitario del concreto*

| TMN del agregado grueso | Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de fineza del fino (b/b0) | | | |
|-------------------------|---|------|------|------|
| | 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" | 0.71 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

Fuente: ACI-211.1 (2022.p. 16)

Paso 7: Estimación del contenido de agregado fino.

Una vez finalizado hasta el paso 6 se obtienen las cantidades necesarias de la mayoría de los componentes de la mezcla de concreto, pues para el cálculo de la cantidad de agregado fino se utilizará todos los valores antes calculados. Estos valores se los pasará a volumen absolutos con la utilización de la densidad de cada uno de los materiales ya conocidos (agua, cemento, aire y agregado grueso) y se realizará la suma, se restará de una unidad de volumen y esta será la cantidad en volumen de agregado fino que se deberá utilizar para la mezcla, para cambiar a peso el agregado fino se hará uso de la densidad del agregado fino seco. ACI-211.1 (2022.p. 16)

Paso 8: Resumen de pesos de diseño.

Una vez teniendo todos los pesos correspondientes para la realización de una mezcla de concreto para una unidad de volumen se realizará un resumen de los componentes de la mezcla; el agua de diseño calculada en el paso 3; el contenido de material cementante del paso 5; cantidad de agregado grueso del paso 6 y cantidad del agregado fino del paso 7, adicional de la cantidad de aire atrapado también del paso 3. ACI-211.1 (2022.p. 16)

$$\text{Cemento: vol de cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{peso del cemento (kg)}}{\text{peso unitario cemento (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{A. grueso: vol de A. grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{peso del A. grueso humedo (kg)}}{\text{peso unitario A. grueso humedo (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{A. grueso: vol de A. fino (m}^3\text{)} = \frac{\text{peso del A. fino humedo (kg)}}{\text{peso unitario A. fino humedo (kg/m}^3\text{)}}$$

La cantidad de agua se calcula en litros por bolsa:

$$\left(\frac{\text{cantidad de agua por m}^3}{\left(\frac{\text{peso de cemento por m}^3}{\text{peso de cemento por bolsa}} \right)} \right)$$

Al final las proporciones en volumen son:

Cemento : A. fino : A. grueso / agua (litros/bolsa)

$$\frac{\text{Vol. cemento}}{\text{Vol. cemento}} : \frac{\text{Vol. A. fino}}{\text{Vol. cemento}} : \frac{\text{Vol. A. grueso}}{\text{Vol. cemento}} / \text{agua (Its/bls)}$$

C : A.F : A.G / A

Paso 9: lote de prueba.

Se realizará una propuesta para las cantidades de mezcla para el concreto, pues el cálculo anteriormente hecho se ha realizado en condiciones secas de los agregados, las cantidades de los agregados cambiara de acuerdo a la humedad de cada uno de los agregados o las condiciones que estos tengan al momento de trabajarlas y obtener el lote de prueba. ACI-211.1 (2022.p. 16)

Se realizarán ajustes por humedad para asegurar la correcta cantidad de agregados en la mezcla. Esto se debe a que el peso de los agregados es mayor en su estado húmedo que en su estado superficialmente seco. Por lo tanto, se realizará una corrección por humedad de los agregados. La presencia de humedad en los agregados afectará la cantidad de agua necesaria en la mezcla, ya que los agregados húmedos contribuyen a la cantidad total de agua en la mezcla. Por lo tanto, también se ajustará la cantidad de agua teniendo en cuenta la contribución de agua de los agregados, lo que determinará la cantidad de agua efectiva a utilizar en la mezcla. Con estas cantidades ajustadas, se podrán calcular los rendimientos de los materiales. (ACI-211.1 (2022.p. 17)

Paso 10: Ajustes posteriores a ensayos.

Este procedimiento post-ensayo se lo realizara para la realización de algún ajuste en las cantidades de los materiales después de haber realizado un lote de prueba en laboratorio, pues por diferentes condiciones tanto de los agregados como las condiciones de resistencia y durabilidad requeridas, estas proporciones podrían cambiar, pues en la realización del lote de prueba se realizarán las observaciones de la consistencia, trabajabilidad y segregación de la mezcla, con ello se pueden mejorar los lotes de mezcla posteriores. ACI-211.1 (2022,p. 17)

2.2.5. CURADO

El curado del concreto es un procedimiento esencial en el desarrollamiento de las propiedades físicas del concreto, pues son medidas que se adoptan para poder mantener una temperatura adecuada de la mezcla de cemento recién colocada, lo que permite una correcta hidratación del cemento hidráulico y (si es necesario) las reacciones puzolánicas. NTP 339.047 (2023.p. 12)

El curado, según el ACI es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y de calor.

El término "curado" se utiliza tanto para describir el proceso natural mediante el cual el concreto de cemento hidráulico madura y adquiere sus propiedades mecánicas típicas en estado endurecido, como para describir las acciones realizadas por el constructor para mantener el concreto húmedo y dentro de un rango de temperatura adecuado, facilitando así la hidratación del cemento. En el primer sentido, el tiempo de curado del concreto se refiere al período en el cual ocurren las reacciones químicas del cemento con el agua sin intervención externa. En el segundo sentido, se refiere al lapso durante el cual se ejecutan acciones específicas para mantener el concreto en condiciones favorables de humedad y temperatura, tales como la aplicación de agua, la protección contra el ambiente exterior y el control de la temperatura. (Cuellar, 2017).

A. DURACIÓN DEL CURADO

El curado del concreto se lo realiza inmediatamente después de haber realizado la colocación del concreto. Para el caso específico de curado de los especímenes de concreto se debe de tener condiciones específicas de temperatura, pues en la norma ASTM C 31/C 31 M en la cual se especifica las condiciones de almacenamiento, curado inicial y curado final de las muestras de concreto.

Curado Inicial: Para evitar la pérdida de humedad de las muestras de concreto, es crucial mantenerlas dentro de un rango de temperatura entre 16 y 27 °C durante al menos 48 horas después de su moldeado y acabado. En el caso de concreto de alta resistencia, con una resistencia superior a 6000 psi, el curado inicial debe realizarse en un rango de temperatura de 20 a 26 °C. Es esencial que las muestras no estén expuestas directamente a la luz solar. Se sugieren varios métodos para mantener la temperatura adecuada, como sumergir los moldes (si son de un solo uso) en agua saturada con hidróxido de calcio, colocarlos en pozos de arena húmeda, almacenarlos en cajas o estructuras de madera apropiadas, o cubrirlos con láminas plásticas para evitar la pérdida de humedad. (ASTM C31/C 31M 2008.p. 7)

Curado Final: Este curado se lo realizara después de haber culminado el curado inicial y de haber quitado los moldes de los especímenes de concreto. El curado se lo deberá de realizar mediante agua libre mantenida a una temperatura de entre 21 y 25 °C, para el caso de concreto liviano se cumplirán condiciones especiales, al momento de ensayar los especímenes de concreto no se requiere una temperatura normalizada pero la temperatura ambiental debe estar entre 20 y 30 °C. (ASTM C31/C 31M 2008.p. 7)

B. CURADORES FORMADORES DE MEMBRANAS

Para prevenir o reducir la evaporación de la humedad en el concreto, se emplean compuestos a base de resinas, parafinas y cauchos, que pueden tener un color característico o ser transparentes. Aunque el método más efectivo de curado sigue siendo el rociado con agua o el uso de cubiertas húmedas, el uso de compuestos formadores de membranas está cada vez más extendido en nuestro país. Estos compuestos deben ser capaces de retener al menos el 80% de la humedad durante los primeros 7 días de edad del concreto, según lo especificado por la normativa ASTM C 309, que también proporciona las especificaciones que deben cumplir estos compuestos.

La clasificación de los compuestos formadores de membranas según la normativa ASTM C 309 son:

- Tipo 1: Claro o translucido.
- Tipo 1 – D: Claro o translucido con el tinte fugitivo.
- Tipo 2: pigmentadas.

La cantidad de solidos disueltos en estos compuestos también conllevan a una clasificación:

- Clase A: sin restricciones.
- Clase B: debe ser una resina.

Requerimientos según norma ASTM C 309.

- Los compuestos del Tipo 1 o Tipo 1-D deben ser transparentes o translúcidos y claramente distinguibles en las superficies de aplicación durante al menos 4 horas después de ser aplicados. Además, deben ser poco visibles hasta transcurridos 7 días desde su aplicación y exposición.
- El compuesto tipo 2 debe exhibir un aspecto uniformemente blanco cuando se aplica sobre una superficie de concreto nueva, siguiendo la tasa de aplicación especificada.
- Los compuestos formadores de membranas deben tener una consistencia que permita su aplicación mediante pulverización o el uso de brochas o rodillos, siguiendo las especificaciones del fabricante. Para alcanzar la tasa de aplicación deseada en elementos verticales en el sitio, se aplicarán en dos capas con un intervalo de una hora entre ellas.
- Deberán adherirse al concreto recién colocado, estos formaran una película en el concreto endurecido la cual deberá de tener resistencia a la humedad y no estropearse después de su aplicación.
- No deberán tener reacciones adversas o perjudiciales con el concreto en el cual se va a dar utilización. Una de las pruebas que se pueden realizar para la detección si el compuesto es perjudicial para el concreto, es el rascado de la superficie con un cuchillo o destornillador a las 72 horas de haber aplicado el compuesto, esto se lo comparara con una prueba similar en un espécimen curado con agua. Si existe en reblandecimiento en el concreto en el que ha sido aplicado el compuesto, esto será una causal para rechazar el compuesto.
- Los compuestos formadores de membrana deberán ser posibles almacenar por lo menos un lapso de 6 meses sin producir un deterioro en su composición.
- La pérdida de agua en los compuestos formadores de membranas deberá de ser no mayor a 0.55 kg/cm² en 72 horas.

- Los compuestos deberán tener una reflectancia mayor al 60%, esto incluye a los compuestos tipo 2. Los cuales con pigmentados.
- El tiempo de secado de los compuestos no debe ser mayor a 4 horas después de su aplicación y según especificación de fabricante.

C. TIPOS DE CURADO

✓ *Curado por inmersión continúa en agua*

Es el método que produce los mejores resultados, pero presenta inconvenientes de tipo práctico, pues implica inundar o sumergir completamente el elemento de concreto en agua.

✓ *Curador químico para concreto*

▪ *Sika Antisol S*

Se trata de una emulsión líquida que, al ser aplicada con un pulverizador sobre concreto fresco, forma una película impermeable y sellante compuesta por cristales microscópicos. Proporciona una protección completa al concreto una vez que el cemento ha reaccionado completamente, mostrando una excelente adherencia y resistencia mecánica, especialmente adecuada para anclajes estructurales.

- *Ventajas*

Cuando se aplica correctamente, el Sika Antisol S no deja manchas en las superficies y las resistentes y compactas. Esto se debe a que los residuos cristalinos del producto sellan todos los poros superficiales del concreto, mejorando su densidad. Además, la película formada no obstaculiza la adherencia de tratamientos posteriores o pinturas. También es importante destacar que las áreas tratadas pueden soportar tráfico ligero, como caminar, después de 24 horas desde la aplicación del producto.

- *Rendimiento*

El consumo de Sika Antisol S es de 162 cm³ – 180 cm³ de producto por m² de superficie. Su contenido es 4 litros.

▪ *Chema Membranil Reforzado*

Se trata de un compuesto líquido acrílico para curado de concreto fresco, que actúa como una membrana. Al aplicarse, forma una película impermeable, flexible y resistente que previene la evaporación del agua de mezcla, asegurando una hidratación adecuada del concreto. Este tratamiento sustituye al curado convencional con agua durante 7 días. Además, este producto cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-309, Tipo I, Clase A. (Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete).

- *Ventajas*

- ✓ La película que forma retiene el agua de la mezcla.
- ✓ Con una sola aplicación reemplaza al curado tradicional que se realiza por 7 días con agua.
- ✓ Prolonga la hidratación del concreto evitando la formación de fisuras por un secado prematuro.
- ✓ Adecuado para todo tipo de clima. - No se necesita de mano de obra especializada, se aplica fácilmente con mochila aspersora.
- ✓ Permite desarrollar las resistencias a la flexión y compresión deseadas.
- ✓ No produce decoloración ni manchas en la superficie tratada.

- *Rendimiento*

Es recomendable aplicar 15 m²/gal. Como máximo para garantizar un espesor de película adecuado. Su contenido es de 4 litros.

▪ **Z Membrana A**

Este curador crea una película de tipo membrana que previene la evaporación del agua del concreto y proporciona una alta resistencia en la superficie. Está pigmentado de color rojo y cumple con la especificación ASTM C 309, Tipo 2, Clase A. Este producto sustituye al sistema convencional de arrocetas, ofreciendo una alternativa más económica y práctica cuando se aplica con una mochila pulverizadora.

- *Ventajas*

- ✓ Gracias a su color rojo pigmentado que desaparece a los 7 días se puede controlar mejor su aplicación.
- ✓ Facilita la retención de humedad.
- ✓ Es un estabilizante del concreto nuevo, manteniendo las características del mismo frente a los cambios de temperatura.
- ✓ Por su uso, el concreto desarrolla su máxima fuerza y resistencia.
- ✓ Provee una superficie sin polvos, con mayor dureza y reduce contracciones y agrietamientos.

- *Rendimiento*

Es recomendable aplicar 20 m²/gal. como máximo para garantizar un espesor de película adecuado. Su contenido es de 4 litros

D. ASPECTOS BENEFICIADOS CON LA APLICACIÓN DE LOS CURADORES QUÍMICOS FORMADORES DE MEMBRANA.

En las fichas técnicas de los curadores químicos formadores de membranas mencionan algunas de las ventajas respecto a los aspectos del concreto que se ve beneficiado con el uso de los curadores.

- **La Resistencia:** Los curadores formadores de membranas ayudan a mantener una hidratación adecuada del cemento, contribuyendo así a desarrollar la resistencia mecánica esperada y mejorar la durabilidad del concreto.
- **Conservación de Humedad:** Una de las propiedades más críticas que se benefician es la capacidad de los curadores formadores de membranas para conservar la humedad en la superficie del concreto. Esto es esencial durante el proceso de fraguado y endurecimiento, permitiendo una hidratación más efectiva del cemento.
- **Reducción de Fisuración Superficial:** La formación de una película impermeable por parte de los curadores formadores de membranas puede ayudar

a prevenir la pérdida rápida de agua por evaporación, reduciendo así la posibilidad de fisuras superficiales en el concreto.

- **Uniformidad en la Resistencia:** La conservación controlada de la humedad promovida por los curadores formadores de membranas contribuye a lograr una distribución más uniforme de la resistencia en toda la masa de concreto, evitando variaciones locales.
- **Mejora del Acabado Superficial:** La película formada por los curadores puede tener un impacto positivo en la estética del concreto, mejorando el acabado superficial y reduciendo la probabilidad de manchas o descoloraciones.
- **Aceleración del Proceso de Curado:** Al proporcionar un entorno controlado y eficiente para la hidratación del cemento, los curadores formadores de membranas pueden acelerar el proceso de curado, permitiendo que el concreto alcance sus propiedades deseadas en un tiempo más corto.
- **Reducción de Requerimientos de Mantenimiento:** La aplicación de curadores formadores de membranas puede ayudar a minimizar la necesidad de mantenimiento adicional durante el proceso de curado, ya que crea una barrera protectora que contribuye a preservar la calidad del concreto.

Tabla 10

Especificaciones técnicas de los curadores

| | Sika Antisol S | Chema Membranil Reforzado | Z Membrana A |
|-----------------------------------|--------------------------|---|------------------------------|
| Norma | Norma U.N.I. 8656 Tipo I | ASTM C-309, Tipo I, Clase A | ASTM C 309. Tipo 2, Clase A. |
| Rendimiento (m ² /gal) | 19 m ² /gal | 15 m ² /gal | 20 m ² /gal |
| Densidad (kg/l) | 1.11 +- 0.01 kg/l | 3.70 - 3.80 kg/gal = (0.978 - 1.004 kg/l) | 1.190g/cm ³ |
| Apariencia | liquido | liquido | Liquido |
| color | transparente | blanco lechoso | rojo pigmentado |
| Almacenamiento (años) | 1 año | 1 año | 1 año |
| Aplicación | equipo pulverizador | equipo pulverizador | equipo pulverizador |

| | | | |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Presentación | envase de 1 gal; 5 gal y 55 gal | envase de 1 gal; 5 gal y 55 gal | envase de 5 gal y 55 gal |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|

Fuente: Fichas técnicas de los curadores

2.2.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- a. **Agua:** Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo, algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos.
- b. **Resistencia a compresión:** Es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse (Tejada, 2016).
- c. **Tiempo de endurecimiento:** Hace referencia al lapso en el cual concreto atraviesa un proceso de fraguado, adquiriendo gradualmente rigidez y resistencia. (Osorio, 2019).
- d. **Curado del Concreto:** Es la actividad por la cual se suministra y mantiene la temperatura y humedad, por un periodo de tiempo que empieza inmediatamente después de la colocación del concreto. (NTP 339.047, 2023. p.7)
- e. **Aditivo químico curador formador de membrana:** Es aquella sustancia la cual forma un sello microcristalino en los poros del concreto que reduce la tasa de evaporación de la humedad de la mezcla de concreto. (F.T. Antisol S, Sika)

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrolla en el laboratorio de ensayo de materiales y concreto de la Universidad Nacional de Cajamarca la cual está ubicada en la Av. Atahualpa 1050 – Cajamarca – Cajamarca.

3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CANTERA DE ESTUDIO

Los agregados para la investigación son obtenidos de la cantera denominada “Aguilar” la cual está ubicada en la vía Baños del Inca – Otuzco, en el distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca. La ubicación según sus coordenadas UTM son 779882.0 E, 9208896.5 N zona 17S.

Tabla 11

Coordenadas geográficas y UTM de la cantera de estudio

| Coordenadas geográficas | | Coordenadas UTM | |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| Latitud | Longitud | Este | Norte |
| 7° 8' 49.8" S | 78° 27' 57.6" W | 779882.00 | 9208896.5 |

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- **Tipo:** Aplicada. Se basa en conocimientos teóricos y su objetivo es solucionar problemas o situaciones concretas que surgen en la vida diaria.
- **Nivel:** Correlacional. Identifica y cuantifica las relaciones existentes entre la variable independiente (tipo de curador) y variable dependiente (f'c).
- **Diseño:** Experimental. Se manipula deliberadamente la variable independiente (tipo de curador) con el fin de examinar las consecuencias que tiene sobre la variable dependiente (resistencia a la compresión del concreto, f'c).
- **Enfoque de investigación:** Hipótesis deductiva. Parte de una suposición inicial o hipótesis y luego busca recolectar datos y evidencia para probar o refutar esa hipótesis.

3.2.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Especímenes elaborados con diseño de mezclas de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, curados con los aditivos químicos formadores de membrana Sika Antisol S, Chema Membranil Reforzado, Z Membrana A y el curado tradicional sumergido total en agua.

3.2.3. MUESTRA

Para muestra de los especímenes usando los curadores químicos de concreto: Z Membrana A, Sika Antisol S y Chema Membranil Reforzado. Estos son utilizados en el curado de concreto de diseño de mezclas de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ la cual se tomó un total de 48 muestras y de la mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ se tomó un total de 48 muestras.

El tamaño de la muestra se lo puede calcular de acuerdo al nivel de confianza necesario y el margen de error, se utilizó la siguiente formula:

$$n = \frac{Z^2 * p * (1 - p)}{E^2}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

Z = Valor crítico de la distribución normal estándar

p = Proporción estimada de la población

E = Margen de error

Para esta investigación se utilizó un nivel de confianza del 95% (Anexo 02: Tablas de distribución normal estimación de Z y Anexo 03: Tablas de distribución normal estimación de “p”) los valores son de $Z = 1.96$, $p = 0.032$ y $E = 0.05$ (margen de error deseado).

$$n = \frac{1.96^2 * 0.032 * (1 - 0.032)}{0.05^2}$$

$$n = 47.6$$

Por lo cual elegimos un tamaño de muestra $n = 48$ para los especímenes que fueron elaborados con $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y la muestras para los especímenes elaborados con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ es $n = 48$; los especímenes se los repartió con un mínimo de 3 muestras por cada una de las combinaciones de edad y tipo de curado a utilizado en la investigación.

Tabla 12*Muestras de la investigación*

| f'c | Curador | N° de Probetas por Ensayo | | | | Total |
|---|---------------------------|---------------------------|--------|---------|---------|-------|
| | | 3 días | 7 días | 14 días | 28 días | |
| 175 kg/cm ² | Sumergido en Agua | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| | Z Membrana A | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| | Sika Antisol S | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| | Chema Membranil Reforzado | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| Sub total de muestras de 175 kg/cm ² | | | | | | 48 |
| 210 kg/cm ² | Sumergido en Agua | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| | Z membrana A | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| | Sika Antisol S | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| | Chema Membranil Reforzado | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| Sub total de muestras de 210 kg/cm ² | | | | | | 48 |
| Total de muestras a ensayar | | | | | | 96 |

3.2.4. UNIDAD DE ANÁLISIS

Resistencia a la compresión de especímenes de concreto curado mediante aditivo químico y sumergido total en agua.

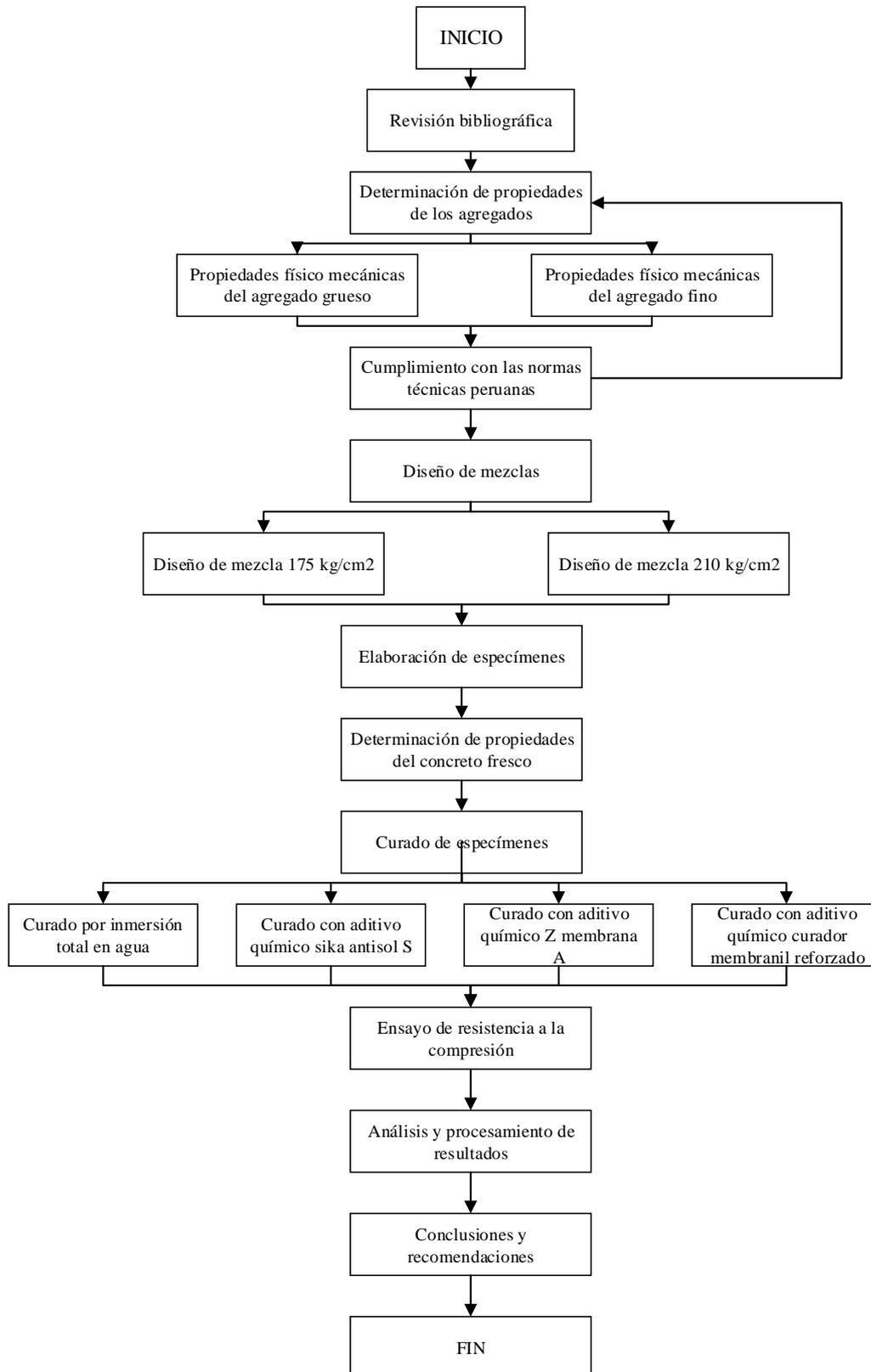
3.2.5. VARIABLES

- a. Variable independiente (X)
 - Tipo de curador: curado químico utilizado en el curado del concreto; Z Membrana A, Sika Antisol S, Chema Membranil Reforzado y curado por inmersión total en agua.
- b. Variable dependiente (Y)
 - Resistencia a la compresión de concreto $f'c = 175\text{Kg/cm}^2$
 - Resistencia a la compresión de concreto $f'c = 210\text{Kg/cm}^2$

3.2.6. PROCEDIMIENTO

Figura 1

Diagrama del procedimiento usado en la investigación



3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- a) **Experimental:** Se manipuló la variable independiente (tipo de curador químico) para estudiar su efecto sobre la variable dependiente (resistencia a la compresión $f'c$)
- b) **Revisión Documental:** Se revisaron Normas, procedimientos y reglamentos para los diferentes ensayos.

3.3.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se han registrado los datos mediante formatos de ensayos de los agregados y ensayos de resistencia a la compresión de los especímenes.

3.3.3. EQUIPOS Y MATERIALES

a. Equipos

- Balanzas: sensibilidad de 1 gr y con capacidad de 30 kg; sensibilidad 0.5 gr y capacidad hasta 5 kg.
- Tamices estándar: 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200 y cazoleta.
- Horno que mantiene la temperatura a 110 °C
- Varilla de acero liso con terminación redondeada de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud
- Cesta de malla para realización de peso específico de agregado grueso
- Máquina de los ángeles con las esferas de acero
- Moldes metálicos de 6" (15 cm) x 12" (30cm)
- Cono de abrams para realizar la medida del slump
- Mezcladora de concreto
- Atomizadores para la aplicación del curador químico
- Máquina a compresión uniaxial
- Pie de rey o vernier

b. Materiales

- Agua potable
- Agregados: fino y grueso de la cantera "Aguilar"
- Cemento Pacasmayo tipo I
- Curadores químicos formadores de membrana: Antisol S, Membranil reforzado, Z membrana A.

3.3.4. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los procedimientos que se realizaron en los ensayos se los describe a continuación los cuales están acorde a las normas vigentes en nuestro país.

a) PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

a.1) Análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos (NTP 400.012)

- Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de 110 °C.
- Se seleccionaron los tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado.
- Se limitó la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz.
- Se continuó el tamizado por un período suficiente.
- Se calculó el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos.
- El módulo de finura se calculó sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100.

$$MF = \frac{\% \text{ ret. acum}(N^{\circ}100 + N^{\circ}50 + N^{\circ}30 + N^{\circ}16 + N^{\circ}8 + N^{\circ}4 + 3/8'' + 3/4'' + 1 1/2'')}{100}$$

a.2) Tamaño máximo nominal

Es aquel que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre 5 % al 10 %.

a.3) Contenido de humedad del agregado fino y grueso

- Se pesó la muestra en la balanza precisión del 0,5 gr.
- La muestra fue completamente secada en el horno a una temperatura constante.
- Se tomó el peso de la muestra seca.
- El contenido de humedad total se calculó de la siguiente manera.

$$W\% = 100 * (W - D) / D$$

Donde:

W% = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos

D = Masa de la muestra seca en gramos

a.4) Peso unitario de los agregados grueso y fino

- Se llena el recipiente a un tercio del total y nivelar la superficie con los dedos.
- Se apisonó la capa de agregado con 25 golpes con la varilla apisonando uniformemente sobre todo la superficie. luego el recipiente fue llenado hasta los 2 tercios del total y nuevamente nivelado y apisonado como anteriormente. Finalmente, se llenó el recipiente a sobre-volumen y fue apisonado nuevamente.
- Densidad de masa: El cálculo de la densidad de masa por los procedimientos de apisonado, o peso suelto.

$$M = (G - T) / V \quad (1)$$

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

Donde:

M = Densidad de masa del agregado, kg/m³

G = Masa del agregado, kg

T = Masa del recipiente, kg

V = Volumen del recipiente, m³

F = Factor para el recipiente, 1/m³

- Volumen del recipiente: se calculó el volumen del recipiente.

$$V = (W - M) / D$$

$$F = D / (W - M)$$

Donde:

V = Volumen del recipiente, m³

W = Masa del agua, placa de vidrio, y recipiente, kg

M = Masa de la placa de vidrio y recipiente, kg

D = Densidad del agua para la temperatura medida, kg/m³

F = Factor para el recipiente, 1/m³

a.5) Gravedad específica y absorción de agregado fino

- Se colocó la muestra de ensayo en un recipiente adecuado y fue secado en el horno hasta una masa constante a una temperatura 110 °C.

- Se saturó el material por 24 horas.
- Se decantó el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de finos, para luego extender la muestra sobre una superficie plana no absorbente expuesta a una corriente suave de aire caliente y moverla con frecuencia para garantizar el secado homogéneo.
- Los resultados de se calcularon con las siguientes formulas:
- Peso Específico de masa (Pem)

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

Donde:

A= Peso de la muestra seca en el aire, gramos.

V= Volumen del frasco de vidrio, gramos.

C= Peso o volumen del agua añadida.

- Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss).

$$Pesss = \frac{500}{(V-C)}$$

- Peso Específico Aparente (Pea).

$$Pea = \frac{A}{(V-C)-(500-A)}$$

- Absorción (Ab).

$$Ab, (\%) = \frac{500-A}{(A)} \times 100$$

a.6) Peso específico y absorción de agregado grueso

- Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de 110 °C.
- Se saturó la muestra de agregado por 24 horas.
- Se quitó la muestra del agua y se la colocó sobre un paño grande y absorbente hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de partículas aun parezca húmeda.
- Se pesó y se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la sesta de alambre y se determinó su peso en el agua.
- Se secó la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre 110 °C y se dejó enfriar hasta la temperatura de ambiente.
- Peso Específico de masa (Pem)

$$P_{em} = \frac{A}{(B-C)}$$

Donde:

A= Peso de la muestra seca en el aire, gramos.

B= Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos.

C= Peso en el agua de la muestra saturada.

- Peso específico de masa saturada con superficie seca (P_{esss}).

$$P_{esss} = \frac{B}{(B-C)}$$

- Peso Específico Aparente (P_{ea}).

$$P_{ea} = \frac{A}{(A-C)}$$

- Absorción (A_b).

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

a.7) Resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles

En la Tabla 13 se puede observar las gradaciones de muestras de ensayo. El número de esferas para el ensayo debe ser de hierro fundido, con un diámetro de 48 mm y entre 390 y 445 gr de masa.

Tabla 13

Pesos de los tamaños indicados (g)

| TAMAÑO DE LOS TAMICES (ABERTURAS GRADADAS) | | PESOS DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (g) | | | |
|---|-----------------|------------------------------------|----------|----------|----------|
| PASA | RETENIDO | A | B | C | D |
| 37.50 mm (1 1/2") | 25.40 mm (1") | 1250+-25 | ..... | ..... | ..... |
| 25.40 mm (1") | 19.00 mm (3/4") | 1250+-25 | ..... | ..... | ..... |
| 19.00 mm (3/4") | 12.7 mm (1/2") | 1250+-10 | 1500+-10 | ..... | ..... |
| 12.7 mm (1/2") | 9.51 mm (3/8") | 1250+-10 | 1500+-10 | ..... | ..... |
| 9.51 mm (3/8") | 6.35 mm (1/4") | ..... | ..... | 1500+-10 | ..... |
| 6.35 mm (1/4") | 4.76 mm (No 4") | ..... | ..... | 1500+-10 | ..... |
| 4.76 mm (No 4") | 2.36 mm (No 8") | ..... | ..... | ..... | 1500+-10 |

Fuente: NTP 400.019 (2020).

- Se colocó la muestra de ensayo y la carga en la máquina de los ángeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm por 500 revoluciones, luego se descargó el material de la máquina y realizar la separación preliminar de la muestra sobre el tamiz normalizado de 1.70 mm (Nro. 12).
- Se tamizo la porción más fina que 1.70 mm conforme a la NTP 400.012.
- Se lavó el material más grueso que la malla de 1.70 mm y se secó al horno a temperatura constante.
- Se calculó la pérdida (diferencia entre la masa inicial y final de la muestra) como un porcentaje de la masa original de la muestra de ensayo.

b) DISEÑO DE MEZCLAS

El diseño de mezclas se lo realizó siguiendo el procedimiento propuesto por el comité ACI 211 el cual se describe a continuación:

- Elección de la resistencia promedio

Se seleccionó una resistencia promedio por resistencia con condiciones intermedias por lo cual se consideró un factor de 1.2 para la resistencia de compresión requerida, por lo cual se contrasta con nuestras resistencias especificadas de $f'c = 175$ kg/cm² y $f'c = 210$ kg/cm².

- Elección del tamaño máximo nominal

El tamaño máximo nominal se determinó mediante las características del huso granulométrico del agregado grueso, este huso se ha obtenido al realizar el ensayo de granulometría.

- Elección del asentamiento

Se seleccionó un asentamiento de 3" – 4" para ambos diseños. Pues se realizó una mezcla plástica.

- Selección del volumen unitario de agua

En la selección del agua está involucrado el asentamiento que se eligió en el paso anterior, el tamaño máximo nominal y sin aire incorporado. Para ello se utilizó la Tabla 7 del marco teórico.

- ***Contenido de aire***

El contenido de aire está determinado por el tamaño máximo nominal del agregado grueso, para lo cual se utilizó la Tabla 6 del marco teórico.

- ***Relación agua cemento***

Las consideraciones para seleccionar la relación agua cemento son la resistencia promedio obtenida en el primer paso del diseño y con la condición de ser un concreto sin aire incorporado. Para ello se utilizó la Tabla 8 del marco teórico.

- ***Determinación del factor cemento***

El factor cemento se calculó con la relación agua cemento y el volumen de agua que ya se han determinado anteriormente:

$$\text{cemento} = \frac{\text{volumen unitario de agua}}{\text{relación agua cemento}}$$

- ***Contenido de agregado grueso***

Una vez determinado el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de finura del agregado fino se ingresa a la Tabla 9 del marco teórico y se calcula el volumen del agregado grueso varillado en seco por unidad de volumen; el valor obtenido se multiplica por el peso seco compactado obtenido en los ensayos de los agregados, de allí resulta el peso del agregado grueso necesario.

- ***Cálculo de volúmenes absolutos***

Los volúmenes absolutos de los componentes se obtuvieron a partir de los pesos ya determinados de cemento, agua, agregado grueso y el contenido de aire.

- ***Contenido de agregado fino***

El volumen absoluto de agregado fino se obtuvo al realizar la diferencia de volumen de 1 m³ de concreto menos la sumatoria de los volúmenes absolutos ya

calculados en el paso anterior. El peso del agregado fino se calculó al multiplicar el volumen obtenido y el peso específico determinado en los ensayos de los agregados.

- ***Valores de diseño***

Estos valores vienen siendo los ya calculados hasta el paso anterior, se los coloca en una lista y la sumatoria de sus volúmenes tiene que ser igual a 1 m^3 . Los componentes ya calculados son cemento, agua de diseño, agregado grueso, agregado fino y aire incorporado.

- ***Corrección por humedad***

Esta corrección se realizó, ya que los agregados no están del todo secos. Para esto se multiplica los valores obtenidos de los agregados por su respectivo contenido de humedad. Se calculó la humedad superficial de los agregados esto no es más que una suma de la humedad y su absorción. Se obtuvo el aporte de humedad de los agregados al multiplicar su peso seco por el contenido de humedad superficial, al final del proceso se obtiene el aporte total de agua efectiva del agregado.

- ***Proporción en peso***

Una vez hecha la corrección por humedad se determinó la proporción en peso de los materiales por metro cúbico y la proporción por bolsa de cemento.

c) CONFORMACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO EN LABORATORIO

Los especímenes cilíndricos elaborados fueron de 6" (15 cm) de diámetro y 12" (30 cm) de altura, el procedimiento de elaboración se describe a continuación:

- Preparación de materiales: agua, cemento y agregados a temperatura ambiente.
- El mezclado se realizó mediante una mezcladora de concreto, mientras que los componentes del concreto se los fue adicionando de acuerdo a los pesos calculados en el diseño de mezclas.
- La mezcla se realizó hasta obtener una uniformidad y buena consistencia
- La mezcla de concreto se colocó en moldes cilíndricos de 6" x 12" en tres capas, compactando con una varilla y uniformizando con un martillo de goma.
- Se dejó fraguar el concreto en los moldes.
- Se desmoldó los especímenes de concreto a las 24 horas de haber sido elaborados.
- Se realizó el curado de los especímenes, una fracción de los especímenes la cual estuvo destinada a ser curada en agua fueron dejados en la posa de curado; los

especímenes que fueron destinados a la aplicación del curador formador de membrana, a estos se les aplicó los curadores: Antisol S, Membranil reforzado y Z Membrana A que fueron aplicados mediante atomizadores para lograr un sellado de los poros del concreto; se aplicó dos capas del curador químico para garantizar el sellado superficial de los poros según indicación de sus fichas técnicas.

d) RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS

- Los ensayos a compresión de los especímenes del curado húmedo se realizaron tan pronto como fue práctico, luego de haberlos retirado del almacenaje de humedad. Los especímenes de concreto que fueron curados con el aditivo químico ya contaban con la superficie seca por lo cual no fue necesaria una espera para realizar su rotura.
- Se calculó la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección recta determinada.

3.4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.4.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Tabla 14

Propiedades físicas de los agregados de la cantera "Aguilar"

| | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO |
|---|---------------|-----------------|
| Tamaño máximo nominal | | 3/4" |
| Peso específico de masa (g/cm ³) | 2.610 | 2.620 |
| Peso específico saturado superficialmente seco (g/cm ³) | 2.650 | 2.650 |
| Peso específico aparente (g/cm ³) | 2.710 | 2.700 |
| Peso unitario suelto (Kg/cm ³) | 1610 | 1389 |
| Peso unitario compactado (Kg/cm ³) | 1735 | 1509 |
| Contenido de humedad (%) | 4.720 | 0.270 |
| Absorción (%) | 1.400 | 1.100 |
| Módulo de finura | 2.947 | 6.843 |
| Abrasión (%) | ... | 27.00 |
| % que pasa malla N° 200 | 2.70 | 0.40 |

3.4.2. DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla 15

Diseño de mezclas para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

| Diseño de Mezclas $f'c = 175 \text{ k/cm}^2$ | | | |
|--|--------|-----------------------------------|--------|
| Materiales de Diseño | | Materiales Corregidos por Humedad | |
| Cemento (kg) | 299.71 | Cemento (kg) | 299.71 |
| Agua de Diseño (lt) | 205.00 | Agua Efectiva (lt) | 183.99 |
| Agregado Fino Seco (kg) | 861.32 | Agregado Fino Húmedo (kg) | 901.97 |
| Agregado Grueso Seco (kg) | 913.40 | Agregado Grueso Húmedo (kg) | 915.86 |
| Aire total (%) | 2.00 | Aire total (%) | 2.00 |

Tabla 16

Diseño de mezclas para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

| Diseño de Mezclas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | | | |
|---|--------|-----------------------------------|--------|
| Materiales de Diseño | | Materiales Corregidos por Humedad | |
| Cemento (kg) | 332.15 | Cemento (kg) | 332.15 |
| Agua de Diseño (lt) | 205.00 | Agua Efectiva (lt) | 184.89 |
| Agregado Fino Seco (kg) | 834.09 | Agregado Fino Húmedo (kg) | 873.46 |
| Agregado Grueso Seco (kg) | 913.40 | Agregado Grueso Húmedo (kg) | 915.86 |
| Aire total (%) | 2.00 | Aire total (%) | 2.00 |

3.4.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tabla 17

Resistencia promedio obtenidas en los ensayos para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

| Curador | Resistencia promedio kg/cm^2 | | | |
|---------------------------|---------------------------------------|--------|---------|---------|
| | 3 días | 7 días | 14 días | 28 días |
| Sika Antisol S | 97.66 | 130.83 | 156.02 | 185.43 |
| Chema Membranil Reforzado | 101.61 | 139.21 | 161.33 | 190.86 |
| Z Membrana A | 96.21 | 129.65 | 145.85 | 179.79 |
| Sumergido en Agua | 141.53 | 185.22 | 210.96 | 246.63 |

Figura 2

Relación entre los días de curado y el curador químico aplicado para una resistencia de 175 kg/cm²

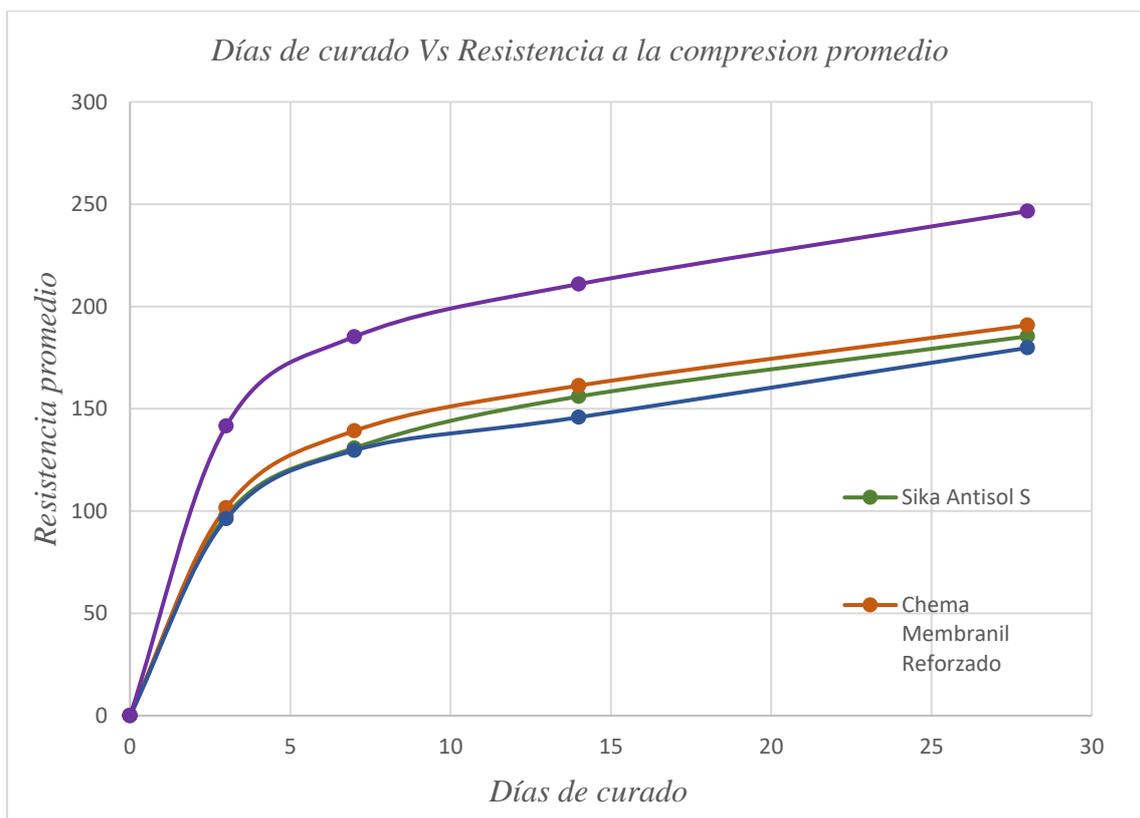


Tabla 18

Resistencia promedio obtenidas en los ensayos para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

| Curador | Resistencia en kg/cm ² | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|--------|---------|---------|
| | 3 días | 7 días | 14 días | 28 días |
| Sika Antisol S | 115.01 | 154.65 | 201.28 | 244.80 |
| Chema Membranil Reforzado | 119.06 | 163.32 | 204.08 | 255.55 |
| Z Membrana A | 109.64 | 154.60 | 194.85 | 244.00 |
| Sumergido en Agua | 164.11 | 210.22 | 260.00 | 292.67 |

Figura 3

Relación entre los días de curado y el curador químico aplicado para una resistencia de 210 kg/cm².

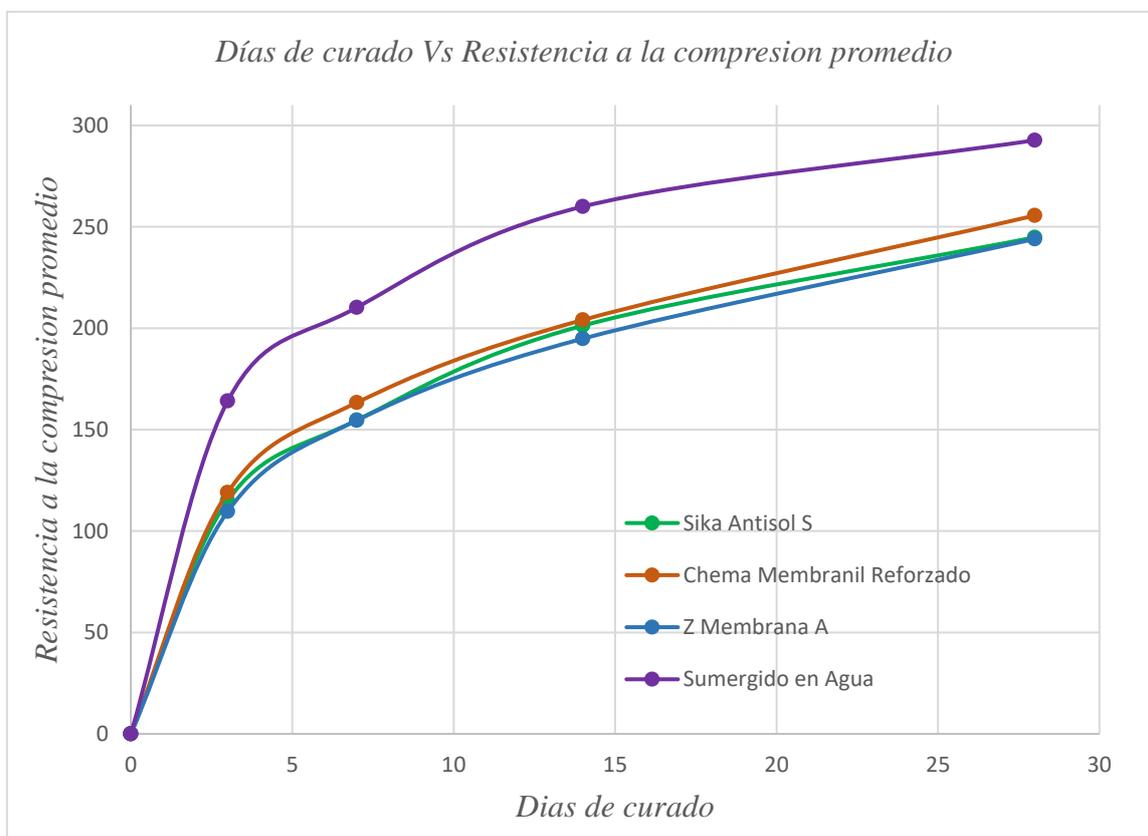


Tabla 19

Porcentaje de resistencia promedio obtenidas en los ensayos para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

| Curador | Porcentaje promedio de resistencia a la compresión (%) | | | |
|---------------------------|--|--------|---------|---------|
| | 3 días | 7 días | 14 días | 28 días |
| Sika Antisol S | 55.80 | 74.76 | 89.16 | 105.96 |
| Chema Membranil Reforzado | 58.06 | 79.55 | 92.19 | 109.06 |
| Z Membrana A | 54.98 | 74.09 | 83.34 | 102.74 |
| Sumergido en Agua | 80.88 | 105.84 | 120.55 | 140.93 |

Tabla 20

Porcentaje de resistencia promedio obtenidas en los ensayos para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

| Curador | Porcentaje promedio de resistencia a la compresión (%) | | | |
|---------------------------|--|--------|---------|---------|
| | 3 días | 7 días | 14 días | 28 días |
| Sika Antisol S | 54.77 | 73.64 | 95.85 | 116.57 |
| Chema Membranil Reforzado | 56.69 | 77.77 | 97.18 | 121.69 |
| Z Membrana A | 52.21 | 73.62 | 92.79 | 116.19 |
| Sumergido en Agua | 78.15 | 100.11 | 123.81 | 139.37 |

Tabla 21

Disminución promedio de resistencia a la compresión en el concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

| Curado tradicional 246.63 (kg/cm ²) | Curadores químicos | | |
|--|--------------------|---------------------|--------------|
| | Antisol S | Membranil reforzado | Z membrana A |
| $f'c$ promedio (kg/cm ²) | 185.43 | 190.86 | 179.79 |
| Porcentaje con respecto al curado tradicional (%) | 75.19 | 77.39 | 72.90 |
| Disminución de la resistencia respecto al curado tradicional (%) | 24.81 | 22.61 | 27.10 |

Tabla 22

Disminución promedio de resistencia a la compresión en el concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

| Curado tradicional 292.67 (kg/cm ²) | curadores quimicos | | |
|--|--------------------|---------------------|--------------|
| | Antisol S | membranil reforzado | Z membrana A |
| $f'c$ promedio (kg/cm ²) | 244.80 | 255.55 | 244.00 |
| Porcentaje con respecto al curado tradicional (%) | 83.64 | 87.32 | 83.37 |
| Disminución de la resistencia respecto al curado tradicional (%) | 16.36 | 12.68 | 16.63 |

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

En la Tabla 14 el módulo de finura del agregado fino obtenido es de 2.947 y el módulo de finura del agregado grueso es de 6.483, cumplen con los requisitos establecidos en la normativa peruana, el tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada, cumple con la condición de tamaño máximo de agregado utilizado en estructuras. Se obtuvo una resistencia a la abrasión del 27 % siendo este un valor el cual está por debajo del máximo permitido el cual es de 50 %, por lo tanto, el agregado grueso es aceptable. Los resultados de peso específico, peso específico saturado superficialmente seco y peso específico aparente de los agregados muestran valores que están dentro de los rangos establecidos por la norma técnica peruana y son de buena calidad para la elaboración de concreto.

Los resultados obtenidos de peso unitario suelto y peso unitario compactado muestran resultados aceptables pues cumplen los rangos establecidos en la normativa peruana. La cantidad de partículas finas presente en el agregado fino es de 2.70 % el cual está por debajo del máximo de 5.00% establecido en la norma. Mientras que el agregado grueso presenta un valor de 0.4 % siendo el máximo permitido de 1 %.

En la Tablas 15 el diseño de mezclas de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ el cual fue diseñado con 7.05 bolas de cemento, la Tabla 16 el diseño de mezclas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ se elaboró con 7.8 bolsas de cemento, pues las características de los agregados y del cemento permitió obtener las resistencias deseadas usando una cantidad menor de cemento en el diseño. El cambio en la cantidad de cemento empleado en el diseño se lo realizó después de haber ensayado algunos especímenes de prueba.

4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

En la Tabla 17 Las resistencias a la compresión promedio del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, al utilizar la metodología de curado tradicional se obtuvo valores de 141.53 kg/cm^2 a los 3 días de edad y 246.63 kg/cm^2 a los 28 días de edad. Mientras que los curadores químicos formadores de membrana como Sika Antisol S obtuvo resultados de 97.66 kg/cm^2 a los 3 días y 185.43 kg/cm^2 a los 28 días de curado, los resultados obtenidos con el curador Chema membranil reforzado fueron de 101.61 kg/cm^2 a los 3 días y 190.86 kg/cm^2 a los 28 días y los resultados del curador Z membrana A fueron de

96.21 kg/cm² a los 3 días y 179.79 kg/cm² a los 28 días de curado. Todos los curados aplicados en los especímenes de concreto obtuvieron resistencias a la compresión promedio a los 28 días de curado superiores la resistencia requerida en el diseño. Estos resultados muestran una similitud con el estudio realizado por horna (2018) en su investigación **“influencia de los curadores, tiempo de curado y numero de capas en la superficie del concreto sobre la resistencia a la compresión”**, la cual tubo las mismas edades de curado y determino que el mejor curado es mediante el agua.

En la figura 2 se observa la relación que existente entre la resistencia a la compresión promedio de los especímenes ensayados y el tipo de curado aplicado en el concreto de $f'c = 175$ kg/cm², Se observa un mejor desarrollo de la resistencia a la compresión al aplicar el curado tradicional en agua pues se obtuvo los mejores resultados en todas las edades evaluadas, dentro de los aditivos químicos formadores de membranas aplicados a los especímenes presenta un mejor desarrollo de la resistencia a compresión el curador Chema membranil reforzado, seguido por el curador Sika Antisol S y finalmente el curador Z membrana A el cual tiene un desarrollo de la resistencia a la compresión bastante similar al curador Sika Antisol S. Observándose cierta similitud con los resultados obtenidos en la investigación de horna (2018): **“influencia de los curadores, tiempo de curado y numero de capas en la superficie del concreto sobre la resistencia a la compresión”**. Pues se muestra que el mejor curado es obtenido con el curado tradicional en agua.

Los resultados de la resistencia a la compresión promedio de los especímenes de concreto con una resistencia $f'c = 210$ kg/cm² se detallan en la Tabla 18, los cuales fueron sometidos a tres tipos de curadores químicos formadores de membrana y al método tradicional de curado sumergido en agua, evaluados a diferentes edades (3, 7, 14 y 28 días). Se destaca que, a lo largo de todas las edades de estudio, el método de curado tradicional evidenció consistentemente mayores resistencias a la compresión promedio, registrando valores de 164.11 kg/cm² a los 3 días y 192.67 kg/cm² a los 28 días. En cambio, los curadores químicos formadores de membrana, como Sika Antisol S, obtuvieron resultados de 115.01 kg/cm² a los 3 días y 244.80 kg/cm² a los 28 días, superando la resistencia de diseño $f'c$. El curador Chema Membranil Reforzado mostró valores de 119.06 kg/cm² y 255.55 kg/cm² a los 3 y 28 días, respectivamente, mientras que el curador Z Membrana A registró resistencias a la compresión de 109.64 kg/cm² y 244.00 kg/cm² a los 3 y 28 días de curado. En todas las edades evaluadas, los diferentes

métodos de curado demostraron alcanzar resistencias a la compresión promedio superiores a las especificadas en el diseño a los 28 días. Estos hallazgos concuerdan con los resultados obtenidos por Luna (2020) en su investigación "**Influencia de los tipos de curadores en concretos con plastificante, retardante y acelerante; sobre la compresión y sorptividad**", se puede evidenciar cierta similitud al lograr superar el $f'c$ al aplicar los curadores químicos.

La Figura 3 ilustra la relación entre la resistencia a la compresión promedio de los especímenes de concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y el tipo de curado aplicado, así como el desarrollo de la resistencia a la compresión promedio en las distintas edades del estudio. Se evidencia el desarrollo de la resistencia a la compresión al emplear el método tradicional de curado en agua, que arrojó los resultados más sobresalientes en todas las edades evaluadas. Entre los aditivos químicos formadores de membranas utilizados en los especímenes, el curador Chema Membranil Reforzado exhibió el mejor desarrollo de la resistencia a la compresión, seguido por Sika Antisol S, mientras que Z Membrana A mostró un desarrollo de resistencia a la compresión bastante similar al curador Sika Antisol S. Estos hallazgos presentan similitudes con los resultados obtenidos por Jacobo (2019) en su investigación "**influencia del curado del concreto con agua y curado artificial en la resistencia a la compresión del concreto**", donde destaca el curado tradicional en agua es el más beneficioso.

El porcentaje de la resistencia a la compresión desarrollado por los especímenes de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ se observa en la Tabla 19, podemos observar la resistencia a la compresión desarrollada a los 28 días de curado supera la resistencia a la compresión de diseño pues se obtuvieron valores de 140.93 % al ser sometido al curado tradicional sumergido en agua, mientras que el curado mediante el curador Sika Antisol S obtuvo un porcentaje del 105.96 %, el curador Chema membranil reforzado mostro un porcentaje de 109.06 % y finalmente el curador Z membrana A presento un valor de 102.74 % de la resistencia a la compresión. Estos valores obtenidos al compararlos con la investigación realizada por Luna (2020): "**Influencia de los tipos de curadores en concretos con plastificante, retardante y acelerante; sobre la compresión y sorptividad**". Muestra una similitud pues también determina que todos los curadores formadores de membranas superan el 100 % de la resistencia a la compresión del diseño.

En la Tabla 20 se presenta el porcentaje de resistencia a la compresión desarrollado por los especímenes de concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Se observa que la resistencia a la compresión a los 28 días de curado supera la resistencia de diseño, alcanzando valores del 139.37 % para el curado tradicional sumergido en agua. En comparación, el curado con Sika Antisol S logró un porcentaje del 116.57 %, Chema Membranil Reforzado mostró un porcentaje de 121.69 %, y Z Membrana A presentó un valor del 116.19 % de la resistencia a la compresión. Estos resultados guardan similitud con la investigación realizada por Jacobo (2019) en su investigación "**influencia del curado del concreto con agua y curado artificial en la resistencia a la compresión del concreto**". donde también se concluyó que todos los curadores formadores de membranas superaron el 100 % de la resistencia a la compresión del diseño y el mejor desarrollo de la resistencia a la compresión es obtenido con el curado tradicional sumergido en agua.

4.3. **DISCUSIÓN DE RESULTADOS CONTRASTADOS CON LA HIPÓTESIS.**

De acuerdo con la Tabla 21, se observa una diferencia en los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto obtenidos al utilizar diferentes curadores químicos formadores de membranas al compararlos con el curado tradicional, en la relación con este último, se registra una variación en la resistencia a la compresión en el concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$. En la Tabla 22, se registra una variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Se evidencia una variación que supera el 5% para los casos, lo que respalda la hipótesis planteada y confirma su validez.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✚ El método de curado tradicional sumergido en agua ha demostrado ser efectivo en el desarrollo la resistencia a la compresión del concreto, superando las expectativas de diseño al lograr resistencias de hasta el 140.93% de la resistencia especificada.
- ✚ El curador químico formador de membrana Chema Membranil Reforzado ha demostrado ser eficaz en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto, cumpliendo con las expectativas de diseño al alcanzar resistencias de hasta el 121.69% de la resistencia especificada inicialmente.
- ✚ El curador químico Sika Antisol S ha mostrado un desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto que cumple con las expectativas de diseño al lograr resistencias de hasta 116.57% de la resistencia especificada originalmente.
- ✚ El curador químico formador de membrana Z Membrana A ha mostrado ser eficiente en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto, alcanzando resistencias de hasta el 116.19% de la resistencia inicialmente especificada, cumpliendo así con las expectativas de diseño.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✚ Se recomienda investigar la aplicación de curadores químicos formadores de membranas a diferentes temperaturas.
- ✚ Se recomienda realizar la investigación al aplicar curadores químicos formadores de membranas en concretos masivos y concretos de alta resistencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI 318 – 19 (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. (23ª ed.)*. Comité ACI 318.
- ACI 211.1 – 22 (2022). *Selecting Proportions for Normal – Density and High – Density concrete – guide*. Comité ACI 211.1.
- ASTM C 31/ C 31 M (2008). *Practica normalizada para preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en obra*.
- ASTM C 309 – 03 (2003). *Especificaciones Estándar para los Compuestos Formadores de Membrana Liquidas para Curado*.
- Cuellar, S. (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 – Apurímac* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de los Andes] Repositorio UTEA. <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/106>
- Horna, J. (2018). *Influencia de los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto sobre la resistencia a compresión, Trujillo 2018* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte] Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/11537/14969>
- Instituto del Cemento Portland Argentino [ICPA] (2021). Hormigones y sus materiales componentes. [Archivo PDF]. <https://web1.icpa.org.ar/index.php/hormigones-y-susmateriales-componentes/>
- Jácomo, A. (2019). *Influencia del curado del concreto con agua y curado artificial en la resistencia a la compresión del concreto* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio UNT. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12326>
- Luna, J. (2020). *Influencia de los tipos de curadores en concretos con plastificante, retardante y acelerante; sobre la compresión y sorptividad, Trujillo 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/11537/24548>
- Medina, R. (2016). Conociendo las propiedades del concreto-Boletín N°30. [Archivo PDF]. <https://www.acerosarequipa.com/>

- Mohamed, ON. (2019). Effect of Curing Methods on Compressive Strength of Sustainable Self-Consolidated Concrete. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757899X/471/3/032059/meta>
- Norma Técnica Peruana NTP 400.017. (2020). *PE. Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados* (3ª ed.). INACAL.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.037. (2021). *PE. Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto* (5ª ed.). INACAL
- Norma Técnica Peruana NTP 339.034. (2021) *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. (5ª ed). INACAL.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.012. (2021). *Agregados. Análisis granulométrico de agregado fino, grueso y global*. (4ª ed). INACAL.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.021. (2020). *Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa y absorción del agregado grueso*. (3ª ed). INACAL.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.185. (2021). *Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. (3ª ed). INACAL.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.183. (2021). *Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*. (3ª ed). INACAL.
- Polanco, A. (2014). *Manual de prácticas de laboratorio de concreto*. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ingeniería. México. <https://tulosabias.com/pdf-manual-practicas-de-laboratorio-de-concretoabraham-polanco-rodriguez-descarga-gratuita/>
- Rivva Lopez, E. (2015). *Diseño de Mezclas*. 3 ed. WILLIAMS.
- Tejada, L. (2016). *Efectividad del curado interno del concreto mediante la saturación del agregado grueso en comparación a otros tipos de curado* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1295>

- Venkateswara, T., Seshagiri, M., & Jagannadha, P. (2021). Strength properties of double blend and triple blend self-compacting concrete subjected to different curing methods. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1126/1/012085>
- Vílchez, C. (2008). *Correlación de resultados de ensayos de resistencias en probetas de concreto estándar de 6" x 12" y 4" x 8" con cemento Pórtland tipo I (sol) y cemento Pórtland puzolánico tipo Ip (atlas) con piedra serie N° 57*. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/136>
- Zareth, A., & Ordoñez, D. (2021). *Análisis de la influencia de las técnicas empleadas para el curado de cilindros de concreto hidráulico sobre la resistencia a la compresión* [Tesis de pregrado, Universidad de la Costa, Barranquilla-Colombia]. <https://hdl.handle.net/11323/8211>

ANEXOS

ANEXO 01: FICHAS TÉCNICAS

➤ FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PÓRTLAND TIPO I



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Montemio Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
Versión 04

Planta: Pacasmayo

Cemento Portland Tipo I

13 de enero de 2023

Periodo de despacho 01 de diciembre de 2022 - 31 de diciembre de 2022

REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

QUÍMICOS

| Requisitos | Especificación | Resultado de ensayos |
|--------------------------|----------------|----------------------|
| MgO (%) | 6.0 máx. | 2.4 |
| SO ₃ (%) | 3.0 máx. | 2.8 |
| Pérdida por ignición (%) | 3.5 máx. | 3.0 |
| Residuo insoluble (%) | 1.5 máx. | 0.5 |

FÍSICOS

| Requisitos | Especificación | Resultado de ensayos |
|--|----------------|----------------------|
| Contenido de aire del mortero (volumen %) | 12 máx. | 9 |
| Superficie específica (cm ² /g) | 2600 mín. | 3960 |
| Expansión en autoclave (%) | 0.80 máx. | 0.10 |
| Densidad (g/cm ³) | A | 3.11 |
| Resistencia a la compresión (MPa) | | |
| 1 día | A | 14.6 |
| 3 días | 12.0 mín. | 27.7 |
| 7 días | 19.0 mín. | 33.7 |
| 28 días * | 28.0 mín. | 42.0 |
| Tiempo de fraguado Vicat (minutos) | | |
| Inicial | 45 mín. | 145 |
| Final | 375 máx. | 260 |

A No específica

* Requisito opcional

El (a) RC 28 días corresponde al mes de noviembre del 2022

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo de envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2020.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S. R. L.

Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S. A. A.

➤ FICHA TÉCNICA DE CURADOR QUÍMICO SIKA ANTISOL S

KONSTRUYENDO CONFIANZA



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sika® Antisol® S

Agente de curado de concreto

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Antisol® S es un agente de curado líquido aplicado con aerosol y listo para usar para prevenir la pérdida de agua de la superficie del concreto recién colocado. Forma un sello microcristalino en los poros del concreto que reduce la tasa de evaporación de la humedad de la mezcla de concreto. La adhesión de los tratamientos posteriores a la superficie del hormigón no se ve afectada.

USOS

- Edificios
- Industrias manufactureras
- Hangares y áreas de carga
- Muro de contención
- Estructuras pretensadas
- Canales de irrigación
- Estructuras de ingeniería civil

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Generalmente mejora la apariencia de la superficie.
- Reduce el agrietamiento
- Ayuda a alcanzar las fortalezas requeridas.
- Reduce el encogimiento
- Controla la hidratación del cemento.
- Reduce la formación de polvo.
- Permeabilidad del hormigón reducida.
- Alivia otros costosos métodos de curado.
- La adhesión de los tratamientos posteriores a la superficie del hormigón no se ve afectada.

CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple con la Norma U.N.I. 8656 bajo la clase tipo 1.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

| | |
|-------------------------------|--|
| Empaques | <ul style="list-style-type: none">• Envase plástico x 1gal• Balde x 18 L• Cilindro x 200 L |
| Apariencia / Color | Líquido transparente |
| Vida Útil | 24 meses desde la fecha de producción. |
| Condiciones de Almacenamiento | Sika® Antisol® S puede ser almacenado en un sitio libre de congelamiento a temperaturas sobre los +5 °C |
| Densidad | ~1,11±0,01 kg/l |

Hoja De Datos Del Producto
Sika® Antisol® S
Septiembre 2021, Versión 01.04
021405012300000008

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

| | |
|-------------|---|
| Consumo | 0,20 L/m ² |
| Rendimiento | <ul style="list-style-type: none">• Envase x 1gal rinde 19 m².• Balde x18 l rinde 90 m².• Cilindro x200L rinde 1,000 m². |
| Equipo | Aplicación <ul style="list-style-type: none">• Mochila tipo mano o pulverizadores motorizados que garantice un aspersión uniforme.• La idoneidad del equipo debe ser aprobada antes de usar para una aplicación completa. |

NOTAS

Cualquier duda o consulta favor de contactar con el servicio técnico de Sika.

LIMITACIONES

- Se recomienda que Sika® Antisol® S se aplique lo antes posible después de que la superficie de concreto esté lista para recibir el compuesto de curado.
- Después de la aplicación, protéjase de la luz solar directa, el viento seco intenso o la lluvia durante al menos 2 a 3 horas, dependiendo de las condiciones ambientales.
- Cuando se requiere una superficie resistente a la abrasión altamente duradera, es decir, en condiciones de exposición severa, aplique una capa adicional de Sika® Antisol® S después de 3 días. Los sistemas de revestimiento posteriores se pueden aplicar después de 7 días.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

CALIDAD DEL SUSTRATO PRE-TRATAMIENTO

La superficie de concreto debe estar libre de agua superficial. La evaporación de la superficie del agua puede tomar de 30 minutos a 2 horas, dependiendo de la temperatura y la relación agua / cemento.

APLICACIÓN

Superficies Verticales luego de remover el encofrado, humedezca el concreto con agua, luego cuando esté saturado con la superficie seca rocíe el producto cubriendo uniformemente la superficie de concreto.

Superficies Horizontales coloque el producto en una niebla fina para cubrir completamente la superficie de concreto. Mantenga la presión en el equipo de aplicación para garantizar una aspersión uniforme.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en In-



➤ FICHA TÉCNICA DE CHEMA MENBRANIL REFORZADO



Hoja Técnica

MEMBRANIL REFORZADO

Curador de concreto tipo membrana para climas templados y soleados.

VERSION: 02
FECHA: 21/12/2017

| | |
|--------------------|--|
| DESCRIPCIÓN | <p>MEMBRANIL REFORZADO es un líquido de curado a base de polímero acrílico especialmente aditivado que lo hace formar una membrana impermeable de alta retención de agua sobre el concreto fresco, evitando que esta se evapore proporcionando una hidratación adecuada del concreto. Este tratamiento reemplaza al curado tradicional que se realiza durante 7 días con agua.</p> <p>Este producto cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-309, Tipo I, Clase A (Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete)</p> |
|--------------------|--|

| | |
|-----------------|--|
| VENTAJAS | <ul style="list-style-type: none">- Forma una película de alta retención de agua.- Con una sola aplicación reemplaza al curado tradicional que se realiza por 7 días con agua.- Prolonga la hidratación del concreto evitando la formación de fisuras por un secado prematuro.- No se necesita de mano de obra especializada, se aplica fácilmente con mochila aspersora.- Permite desarrollar las resistencias a la flexión y compresión deseadas.- Adecuado color blanco lechoso en húmedo que permite distinguir las partes cubiertas. |
|-----------------|--|

| | |
|-------------|--|
| USOS | <p>Para el curado de concreto fresco en toda clase de superficies como calzadas, veredas, techos, carreteras, diques, revestimientos de canales, losas, columnas, vigas, placas, cubiertas de puentes, estacionamientos, vías peatonales, etc.</p> |
|-------------|--|

| | |
|-----------------------|---|
| DATOS TÉCNICOS | <ul style="list-style-type: none">- Apariencia : Líquido- Color : Blanco lechoso (transparente una vez seco)- Densidad : 3.70 – 3.80 kg/gal- (0.978-1.004 Kg/ L)- pH : 6.0 – 9.0- VOC : 0 gr/L |
|-----------------------|---|

| | |
|--|--|
| PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO | <p>Agitar el envase antes de usar.</p> <p>El momento ideal para aplicar es inmediatamente después de que haya desaparecido la exudación de la superficie o después de haber desencofrado.</p> <p>Aplicar con mochila aspersora dejando una capa uniforme sobre toda la superficie.</p> <p>Limpiar las herramientas de aplicación después de culminar el trabajo con agua limpia.</p> |
|--|--|

| | |
|--------------------|--|
| RENDIMIENTO | <p>Se recomienda aplicar 15m²/gal. como máximo para garantizar un espesor de película adecuado.</p> |
|--------------------|--|

ATENCIÓN AL CLIENTE
(511) 336-8407

Página 1 de 2



Calidad que Construye

Hoja Técnica

MEMBRANIL REFORZADO

Curador de concreto tipo membrana para climas templados y soleados.

VERSION: 02
FECHA: 21/12/2017

PRESENTACIÓN Envase de 1gal.
Envase de 5 gal.
Envase de 55 gal.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO 1 año en su envase original, cerrado, almacenado bajo techo en ambiente fresco y ventilado.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES No usar cuando la temperatura ambiente y de la superficie del concreto estén por debajo de 4°C (40°F), o si se pronostica lluvia durante las 12 horas posteriores a la aplicación.

En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico 012732318/999012933). Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños. No comer ni beber mientras manipula el producto. Lavarse las manos luego de manipular el producto. Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo. Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua. Si es ingerido, no provocar vómitos; procurar ayuda médica inmediata.

“La presente Edición anula y reemplaza la Versión Nº 1 para todos los fines”

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

ATENCIÓN AL CLIENTE
(511) 336-8407

Página 2 de 2

➤ FICHA TÉCNICA Z MEMBRANA A



El mejor amigo del concreto

Av. Los Fátimas N°675, Urb. La Campaña, Chorrillos, Lima - Perú.
(01) 2523058 | 950 098 271 / 994 268 534 / 998 128 514 / 996 330 180

Ficha técnica - Edición 19 - Versión 07.18

Curadores de concreto

Z Membrana A

Descripción: Es un curador que forma una película tipo membrana para evitar la evaporación del agua del concreto y otorga alta resistencia a la superficie. Viene pigmentado de color rojo. Cumple especificación ASTM C 309, Tipo 2, Clase A. Este producto reemplaza el sistema de arroceras comúnmente usadas, siendo a la vez más económico y práctico si es aplicado con una mochila pulverizadora.

Ventajas

- Gracias a su color rojo pigmentado, que desaparece a los 7 días, se puede controlar mejor su aplicación.
- Facilita la retención de humedad.
- Es un estabilizante del concreto nuevo, mantiene las características del mismo frente a los cambios de temperatura.
- Por su uso, el concreto desarrolla su máxima fuerza y resistencia.
- Provee una superficie sin polvos, con mayor dureza y reduce contracciones y agrietamientos.

Usos

- Se utiliza para el curado de pistas, veredas, placas, columnas, pisos, etc.
- Se usa luego de haber aplicado un mortero impermeabilizado en tanques y sistemas.
- En todo elemento de concreto horizontal y vertical.

Cuidados

- Una vez aplicado evitar que no haya tráfico ya que así no perderá su permeabilidad.
- Agitarse antes de usar. Tenerlo bajo sombra y a temperatura ambiente.
Ver que la aplicación sea homogénea.
- Se recomienda el uso de guantes, lentes y mascarilla. Para mayor detalle remítase a la hoja de seguridad del producto.

Rendimiento

1 galón = 20m²

Envases

5 Galones; 55 Galones.

E-mail: ventas@zaditivos.com.pe | cotizacion@zaditivos.com.pe | web site: www.zaditivos.com.pe

San Borja: Av. San Luit 3051. Telf: (01) 715 5744 / 981 288 456 | Callao: Av. Elmer Faucett 1631. Telf: (01) 715-577 0 / 998 128 498

Chiclayo: Calle Los Tumbos 505. Urb. San Eduardo. Telf: (074) 223 718 / 994 278 778 | Pucallpa: Jr. Coronel Porcello 744. Telf: (061) 573 501 / 998 128 495

Piura: Av. Bolognesi 311 Int 3. Telf: (073) 321 480 / 972 001 351 | Sullana: Av. José de Lama 344. Telf: (073) 509 408 / 923 055 396

Cusco: Av. Tomasa Tito Condemayta 1032 - Wanchaq. Telf: (084) 257 111 / 994 268 292

Arequipa: Calle Paucarpata 323A - Cercado. Telf: (054) 203 388 / 994 044 894 | Trujillo: Av. América Sur 818. Urb. Palermo. Telf: (044) 425 548 - 998 127 657

ANEXO 02: Tabla de distribución normal, estimación de Z

$$F(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

DISTRIBUCIÓN ACUMULATIVA NORMAL
Mg. Miguel Angel Macetas Hernández

| z | F(z) | z | F(z) | z | F(z) | z | F(z) | z | F(z) | z | F(z) | z | F(z) | z | F(z) |
|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
| 0.50 | 0.69146 | 0.95 | 0.82894 | 1.40 | 0.91924 | 1.85 | 0.96784 | 2.30 | 0.98928 | 2.75 | 0.99702 | 3.20 | 0.99931 | 3.65 | 0.99987 |
| 0.51 | 0.69497 | 0.96 | 0.83147 | 1.41 | 0.92073 | 1.86 | 0.96856 | 2.31 | 0.98956 | 2.76 | 0.99711 | 3.21 | 0.99934 | 3.66 | 0.99987 |
| 0.52 | 0.69847 | 0.97 | 0.83398 | 1.42 | 0.92220 | 1.87 | 0.96926 | 2.32 | 0.98983 | 2.77 | 0.99720 | 3.22 | 0.99936 | 3.67 | 0.99988 |
| 0.53 | 0.70194 | 0.98 | 0.83646 | 1.43 | 0.92364 | 1.88 | 0.96995 | 2.33 | 0.99010 | 2.78 | 0.99728 | 3.23 | 0.99938 | 3.68 | 0.99988 |
| 0.54 | 0.70540 | 0.99 | 0.83891 | 1.44 | 0.92507 | 1.89 | 0.97062 | 2.34 | 0.99036 | 2.79 | 0.99736 | 3.24 | 0.99940 | 3.69 | 0.99989 |
| 0.55 | 0.70884 | 1.00 | 0.84134 | 1.45 | 0.92647 | 1.9 | 0.97128 | 2.35 | 0.99061 | 2.8 | 0.99744 | 3.25 | 0.99942 | 3.7 | 0.99989 |
| 0.56 | 0.71226 | 1.01 | 0.84375 | 1.46 | 0.92785 | 1.91 | 0.97193 | 2.36 | 0.99086 | 2.81 | 0.99752 | 3.26 | 0.99944 | 3.71 | 0.99990 |
| 0.57 | 0.71566 | 1.02 | 0.84614 | 1.47 | 0.92922 | 1.92 | 0.97257 | 2.37 | 0.99111 | 2.82 | 0.99760 | 3.27 | 0.99946 | 3.72 | 0.99990 |
| 0.58 | 0.71904 | 1.03 | 0.84849 | 1.48 | 0.93056 | 1.93 | 0.97320 | 2.38 | 0.99134 | 2.83 | 0.99767 | 3.28 | 0.99948 | 3.73 | 0.99990 |
| 0.59 | 0.72240 | 1.04 | 0.85083 | 1.49 | 0.93189 | 1.94 | 0.97381 | 2.39 | 0.99158 | 2.84 | 0.99774 | 3.29 | 0.99950 | 3.74 | 0.99991 |
| 0.60 | 0.72575 | 1.05 | 0.85314 | 1.50 | 0.93319 | 1.95 | 0.97441 | 2.40 | 0.99180 | 2.85 | 0.99781 | 3.3 | 0.99952 | 3.75 | 0.99991 |
| 0.61 | 0.72907 | 1.06 | 0.85543 | 1.51 | 0.93448 | 1.96 | 0.97500 | 2.41 | 0.99202 | 2.86 | 0.99788 | 3.31 | 0.99953 | 3.76 | 0.99992 |
| 0.62 | 0.73237 | 1.07 | 0.85769 | 1.52 | 0.93574 | 1.97 | 0.97558 | 2.42 | 0.99224 | 2.87 | 0.99795 | 3.32 | 0.99955 | 3.77 | 0.99992 |
| 0.63 | 0.73565 | 1.08 | 0.85993 | 1.53 | 0.93699 | 1.98 | 0.97615 | 2.43 | 0.99245 | 2.88 | 0.99801 | 3.33 | 0.99957 | 3.78 | 0.99992 |
| 0.64 | 0.73891 | 1.09 | 0.86214 | 1.54 | 0.93822 | 1.99 | 0.97670 | 2.44 | 0.99266 | 2.89 | 0.99807 | 3.34 | 0.99958 | 3.79 | 0.99992 |
| 0.65 | 0.74215 | 1.1 | 0.86433 | 1.55 | 0.93943 | 2.00 | 0.97725 | 2.45 | 0.99286 | 2.9 | 0.99813 | 3.35 | 0.99960 | 3.8 | 0.99993 |
| 0.66 | 0.74537 | 1.11 | 0.86650 | 1.56 | 0.94062 | 2.01 | 0.97778 | 2.46 | 0.99305 | 2.91 | 0.99819 | 3.36 | 0.99961 | 3.81 | 0.99993 |
| 0.67 | 0.74857 | 1.12 | 0.86864 | 1.57 | 0.94179 | 2.02 | 0.97831 | 2.47 | 0.99324 | 2.92 | 0.99825 | 3.37 | 0.99962 | 3.82 | 0.99993 |
| 0.68 | 0.75175 | 1.13 | 0.87076 | 1.58 | 0.94295 | 2.03 | 0.97882 | 2.48 | 0.99343 | 2.93 | 0.99831 | 3.38 | 0.99964 | 3.83 | 0.99994 |
| 0.69 | 0.75490 | 1.14 | 0.87286 | 1.59 | 0.94408 | 2.04 | 0.97932 | 2.49 | 0.99361 | 2.94 | 0.99836 | 3.39 | 0.99965 | 3.84 | 0.99994 |
| 0.70 | 0.75804 | 1.15 | 0.87493 | 1.60 | 0.94520 | 2.05 | 0.97982 | 2.50 | 0.99379 | 2.95 | 0.99841 | 3.4 | 0.99966 | 3.85 | 0.99994 |
| 0.71 | 0.76115 | 1.16 | 0.87698 | 1.61 | 0.94630 | 2.06 | 0.98030 | 2.51 | 0.99396 | 2.96 | 0.99846 | 3.41 | 0.99968 | 3.86 | 0.99994 |
| 0.72 | 0.76424 | 1.17 | 0.87900 | 1.62 | 0.94738 | 2.07 | 0.98077 | 2.52 | 0.99413 | 2.97 | 0.99851 | 3.42 | 0.99969 | 3.87 | 0.99995 |
| 0.73 | 0.76730 | 1.18 | 0.88100 | 1.63 | 0.94845 | 2.08 | 0.98124 | 2.53 | 0.99430 | 2.98 | 0.99856 | 3.43 | 0.99970 | 3.88 | 0.99995 |
| 0.74 | 0.77035 | 1.19 | 0.88298 | 1.64 | 0.94950 | 2.09 | 0.98169 | 2.54 | 0.99446 | 2.99 | 0.99861 | 3.44 | 0.99971 | 3.89 | 0.99995 |
| 0.75 | 0.77337 | 1.2 | 0.88493 | 1.65 | 0.95053 | 2.1 | 0.98214 | 2.55 | 0.99461 | 3.00 | 0.99865 | 3.45 | 0.99972 | 3.9 | 0.99995 |
| 0.76 | 0.77637 | 1.21 | 0.88686 | 1.66 | 0.95154 | 2.11 | 0.98257 | 2.56 | 0.99477 | 3.01 | 0.99869 | 3.46 | 0.99973 | 3.91 | 0.99995 |
| 0.77 | 0.77935 | 1.22 | 0.88877 | 1.67 | 0.95254 | 2.12 | 0.98300 | 2.57 | 0.99492 | 3.02 | 0.99874 | 3.47 | 0.99974 | 3.92 | 0.99996 |
| 0.78 | 0.78230 | 1.23 | 0.89065 | 1.68 | 0.95352 | 2.13 | 0.98341 | 2.58 | 0.99506 | 3.03 | 0.99878 | 3.48 | 0.99975 | 3.93 | 0.99996 |
| 0.79 | 0.78524 | 1.24 | 0.89251 | 1.69 | 0.95449 | 2.14 | 0.98382 | 2.59 | 0.99520 | 3.04 | 0.99882 | 3.49 | 0.99976 | 3.94 | 0.99996 |
| 0.80 | 0.78814 | 1.25 | 0.89435 | 1.70 | 0.95543 | 2.15 | 0.98422 | 2.60 | 0.99534 | 3.05 | 0.99886 | 3.5 | 0.99977 | 3.95 | 0.99996 |
| 0.81 | 0.79103 | 1.26 | 0.89617 | 1.71 | 0.95637 | 2.16 | 0.98461 | 2.61 | 0.99547 | 3.06 | 0.99889 | 3.51 | 0.99978 | 3.96 | 0.99996 |
| 0.82 | 0.79389 | 1.27 | 0.89796 | 1.72 | 0.95728 | 2.17 | 0.98500 | 2.62 | 0.99560 | 3.07 | 0.99893 | 3.52 | 0.99978 | 3.97 | 0.99996 |
| 0.83 | 0.79673 | 1.28 | 0.89973 | 1.73 | 0.95818 | 2.18 | 0.98537 | 2.63 | 0.99573 | 3.08 | 0.99896 | 3.53 | 0.99979 | 3.98 | 0.99997 |
| 0.84 | 0.79955 | 1.29 | 0.90147 | 1.74 | 0.95907 | 2.19 | 0.98574 | 2.64 | 0.99585 | 3.09 | 0.99900 | 3.54 | 0.99980 | 3.99 | 0.99997 |
| 0.85 | 0.80234 | 1.3 | 0.90320 | 1.75 | 0.95994 | 2.2 | 0.98610 | 2.65 | 0.99598 | 3.1 | 0.99903 | 3.55 | 0.99981 | 4.00 | 0.99997 |
| 0.86 | 0.80511 | 1.31 | 0.90490 | 1.76 | 0.96080 | 2.21 | 0.98645 | 2.66 | 0.99609 | 3.11 | 0.99906 | 3.56 | 0.99981 | 4.01 | 0.99997 |
| 0.87 | 0.80785 | 1.32 | 0.90658 | 1.77 | 0.96164 | 2.22 | 0.98679 | 2.67 | 0.99621 | 3.12 | 0.99910 | 3.57 | 0.99982 | 4.02 | 0.99997 |
| 0.88 | 0.81057 | 1.33 | 0.90824 | 1.78 | 0.96246 | 2.23 | 0.98713 | 2.68 | 0.99632 | 3.13 | 0.99913 | 3.58 | 0.99983 | 4.03 | 0.99997 |
| 0.89 | 0.81327 | 1.34 | 0.90988 | 1.79 | 0.96327 | 2.24 | 0.98745 | 2.69 | 0.99643 | 3.14 | 0.99916 | 3.59 | 0.99983 | 4.04 | 0.99997 |
| 0.90 | 0.81594 | 1.35 | 0.91149 | 1.80 | 0.96407 | 2.25 | 0.98778 | 2.70 | 0.99653 | 3.15 | 0.99918 | 3.6 | 0.99984 | 4.05 | 0.99997 |
| 0.91 | 0.81859 | 1.36 | 0.91309 | 1.81 | 0.96485 | 2.26 | 0.98809 | 2.71 | 0.99664 | 3.16 | 0.99921 | 3.61 | 0.99985 | 4.06 | 0.99998 |
| 0.92 | 0.82121 | 1.37 | 0.91466 | 1.82 | 0.96562 | 2.27 | 0.98840 | 2.72 | 0.99674 | 3.17 | 0.99924 | 3.62 | 0.99985 | 4.07 | 0.99998 |
| 0.93 | 0.82381 | 1.38 | 0.91621 | 1.83 | 0.96638 | 2.28 | 0.98870 | 2.73 | 0.99683 | 3.18 | 0.99926 | 3.63 | 0.99986 | 4.08 | 0.99998 |
| 0.94 | 0.82639 | 1.39 | 0.91774 | 1.84 | 0.96712 | 2.29 | 0.98899 | 2.74 | 0.99693 | 3.19 | 0.99929 | 3.64 | 0.99986 | 4.09 | 0.99998 |

ANEXO 03: Tabla de distribución normal, estimación de “p”

| Dev. normal x | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0 | 0.5000 | 0.4960 | 0.4920 | 0.4880 | 0.4840 | 0.4801 | 0.4761 | 0.4721 | 0.4681 | 0.4641 |
| 0.1 | 0.4602 | 0.4562 | 0.4522 | 0.4483 | 0.4443 | 0.4404 | 0.4364 | 0.4325 | 0.4286 | 0.4247 |
| 0.2 | 0.4207 | 0.4168 | 0.4129 | 0.4090 | 0.4052 | 0.4013 | 0.3974 | 0.3936 | 0.3897 | 0.3859 |
| 0.3 | 0.3821 | 0.3783 | 0.3745 | 0.3707 | 0.3669 | 0.3632 | 0.3594 | 0.3557 | 0.3520 | 0.3483 |
| 0.4 | 0.3446 | 0.3409 | 0.3372 | 0.3336 | 0.3300 | 0.3264 | 0.3228 | 0.3192 | 0.3156 | 0.3121 |
| 0.5 | 0.3085 | 0.3050 | 0.3015 | 0.2981 | 0.2946 | 0.2912 | 0.2877 | 0.2843 | 0.2810 | 0.2776 |
| 0.6 | 0.2743 | 0.2709 | 0.2676 | 0.2643 | 0.2611 | 0.2578 | 0.2546 | 0.2514 | 0.2483 | 0.2451 |
| 0.7 | 0.2420 | 0.2389 | 0.2358 | 0.2327 | 0.2296 | 0.2266 | 0.2236 | 0.2206 | 0.2177 | 0.2148 |
| 0.8 | 0.2119 | 0.2090 | 0.2061 | 0.2033 | 0.2005 | 0.1977 | 0.1949 | 0.1922 | 0.1894 | 0.1867 |
| 0.9 | 0.1841 | 0.1814 | 0.1788 | 0.1762 | 0.1736 | 0.1711 | 0.1685 | 0.1660 | 0.1635 | 0.1611 |
| 1.0 | 0.1587 | 0.1562 | 0.1539 | 0.1515 | 0.1492 | 0.1469 | 0.1446 | 0.1423 | 0.1401 | 0.1379 |
| 1.1 | 0.1357 | 0.1335 | 0.1314 | 0.1292 | 0.1271 | 0.1251 | 0.1230 | 0.1210 | 0.1190 | 0.1170 |
| 1.2 | 0.1151 | 0.1131 | 0.1112 | 0.1093 | 0.1075 | 0.1056 | 0.1038 | 0.1020 | 0.1003 | 0.0985 |
| 1.3 | 0.0968 | 0.0951 | 0.0934 | 0.0918 | 0.0901 | 0.0885 | 0.0869 | 0.0853 | 0.0838 | 0.0823 |
| 1.4 | 0.0808 | 0.0793 | 0.0778 | 0.0764 | 0.0749 | 0.0735 | 0.0721 | 0.0708 | 0.0694 | 0.0681 |
| 1.5 | 0.0668 | 0.0655 | 0.0643 | 0.0630 | 0.0618 | 0.0606 | 0.0594 | 0.0582 | 0.0571 | 0.0559 |
| 1.6 | 0.0548 | 0.0537 | 0.0526 | 0.0516 | 0.0505 | 0.0495 | 0.0485 | 0.0475 | 0.0465 | 0.0455 |
| 1.7 | 0.0446 | 0.0436 | 0.0427 | 0.0418 | 0.0409 | 0.0400 | 0.0392 | 0.0384 | 0.0375 | 0.0367 |
| 1.8 | 0.0359 | 0.0351 | 0.0344 | 0.0336 | 0.0329 | 0.0322 | 0.0314 | 0.0307 | 0.0301 | 0.0294 |
| 1.9 | 0.0287 | 0.0281 | 0.0274 | 0.0268 | 0.0262 | 0.0256 | 0.0250 | 0.0244 | 0.0239 | 0.0233 |
| 2.0 | 0.0228 | 0.0222 | 0.0217 | 0.0212 | 0.0207 | 0.0202 | 0.0197 | 0.0192 | 0.0188 | 0.0183 |
| 2.1 | 0.0179 | 0.0174 | 0.0170 | 0.0166 | 0.0162 | 0.0158 | 0.0154 | 0.0150 | 0.0146 | 0.0143 |
| 2.2 | 0.0139 | 0.0136 | 0.0132 | 0.0129 | 0.0125 | 0.0122 | 0.0119 | 0.0116 | 0.0113 | 0.0110 |
| 2.3 | 0.0107 | 0.0104 | 0.0102 | 0.0099 | 0.0096 | 0.0094 | 0.0091 | 0.0089 | 0.0087 | 0.0084 |
| 2.4 | 0.0082 | 0.0080 | 0.0078 | 0.0075 | 0.0073 | 0.0071 | 0.0069 | 0.0068 | 0.0066 | 0.0064 |
| 2.5 | 0.0062 | 0.0060 | 0.0059 | 0.0057 | 0.0055 | 0.0054 | 0.0052 | 0.0051 | 0.0049 | 0.0048 |
| 2.6 | 0.0047 | 0.0045 | 0.0044 | 0.0043 | 0.0041 | 0.0040 | 0.0039 | 0.0038 | 0.0037 | 0.0036 |
| 2.7 | 0.0035 | 0.0034 | 0.0033 | 0.0032 | 0.0031 | 0.0030 | 0.0029 | 0.0028 | 0.0027 | 0.0026 |
| 2.8 | 0.0026 | 0.0025 | 0.0024 | 0.0023 | 0.0023 | 0.0022 | 0.0021 | 0.0021 | 0.0020 | 0.0019 |
| 2.9 | 0.0019 | 0.0018 | 0.0018 | 0.0017 | 0.0016 | 0.0016 | 0.0015 | 0.0015 | 0.0014 | 0.0014 |
| 3.0 | 0.0013 | 0.0013 | 0.0013 | 0.0012 | 0.0012 | 0.0011 | 0.0011 | 0.0011 | 0.0010 | 0.0010 |

APÉNDICE

APÉNDICE 01: ENSAYOS DE LOS AGREGADOS

Tabla 23

Ensayo N° 01 de Granulométrico de agregado grueso

| Peso Seco Inicial = | | 8000.00 gr | | | |
|---------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| N° | Tamiz Abertura (mm) | Peso Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Acumulado | Porcentaje Que Pasa |
| 1" | 25.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.05 | 714.00 | 8.93 | 8.93 | 91.08 |
| 1/2" | 12.70 | 2622.00 | 32.78 | 41.70 | 58.30 |
| 3/8" | 9.53 | 2673.00 | 33.41 | 75.11 | 24.89 |
| N°4 | 4.75 | 1987.00 | 24.84 | 99.95 | 0.05 |
| Cazoleta | -- | 4 | 0.05 | 100.00 | 0.00 |
| Total | | 8000.00 | | | |
| Módulo de finura | | | 6.837 | | |

Figura 4

Curva granulométrica del ensayo N° 01 de agregado grueso

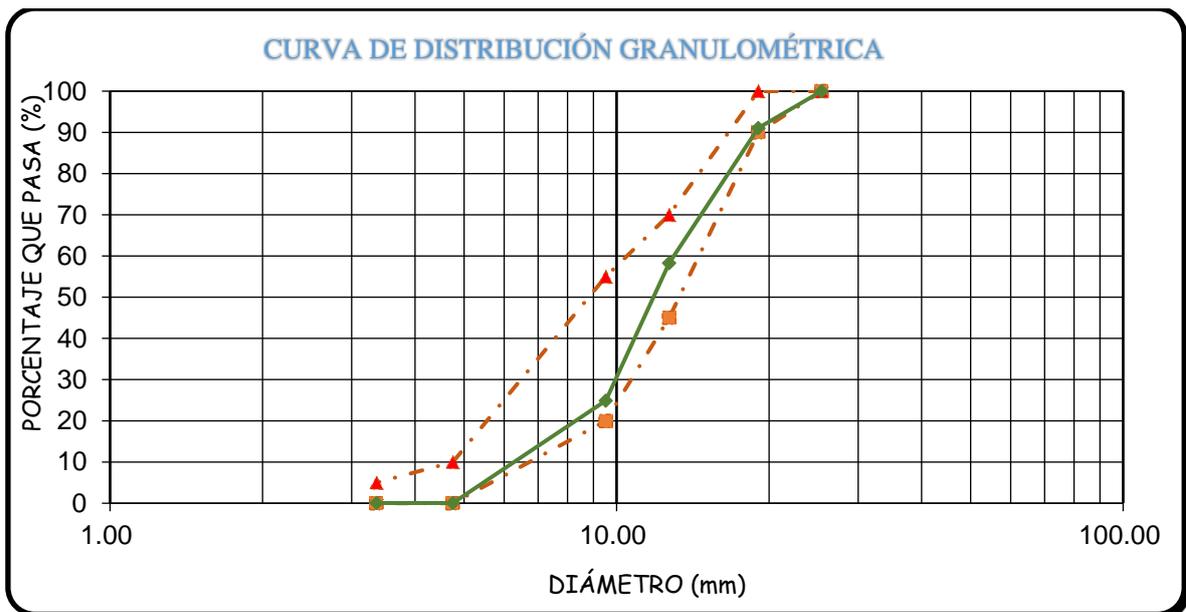


Tabla 24

Ensayo N° 02 de Granulométrico de agregado grueso

| Peso Seco Inicial = | | 8000.00 gr | | | |
|---------------------|---------------|------------------|------------------|--------------------|----------|
| Tamiz | Peso | Porcentaje | Porcentaje | Porcentaje | |
| N° | Abertura (mm) | Retenido Parcial | Retenido Parcial | Retenido Acumulado | Que Pasa |
| 1" | 25.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.05 | 756.00 | 9.45 | 9.45 | 90.55 |
| 1/2" | 12.70 | 2739.00 | 34.24 | 43.69 | 56.31 |
| 3/8" | 9.53 | 2575.00 | 32.19 | 75.88 | 24.13 |
| N°4 | 4.75 | 1926.00 | 24.08 | 99.95 | 0.05 |
| Cazoleta | -- | 4 | 0.05 | 100.00 | 0.00 |
| Total | | 8000.00 | | | |
| Módulo de finura | | | 6.850 | | |

Figura 5

Curva granulométrica del ensayo N° 02 de agregado grueso

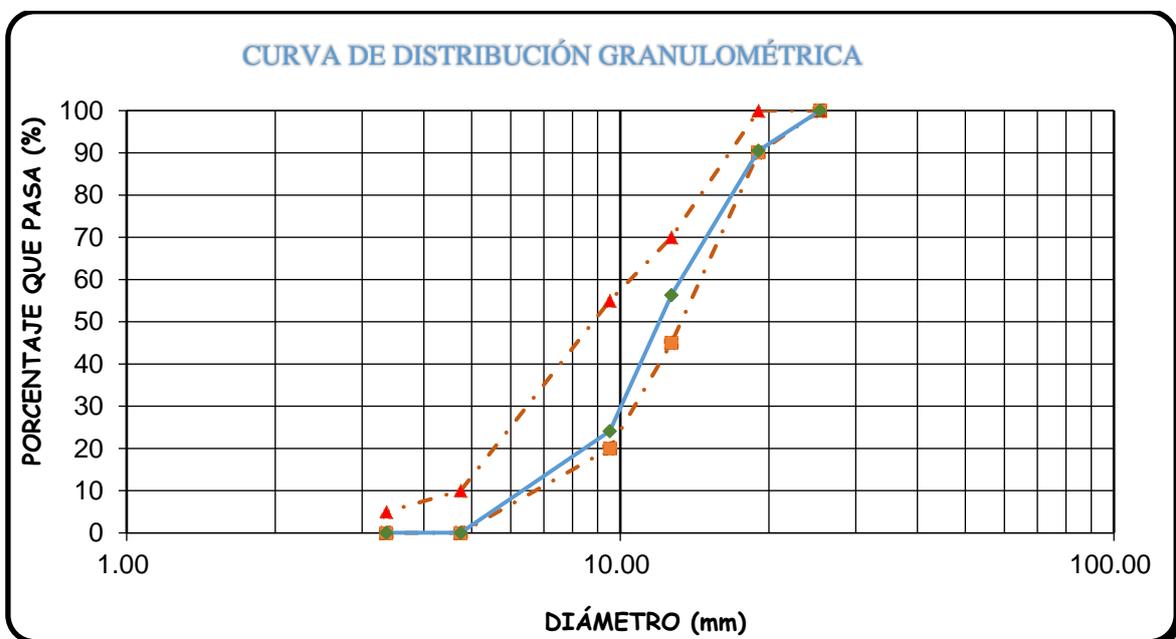


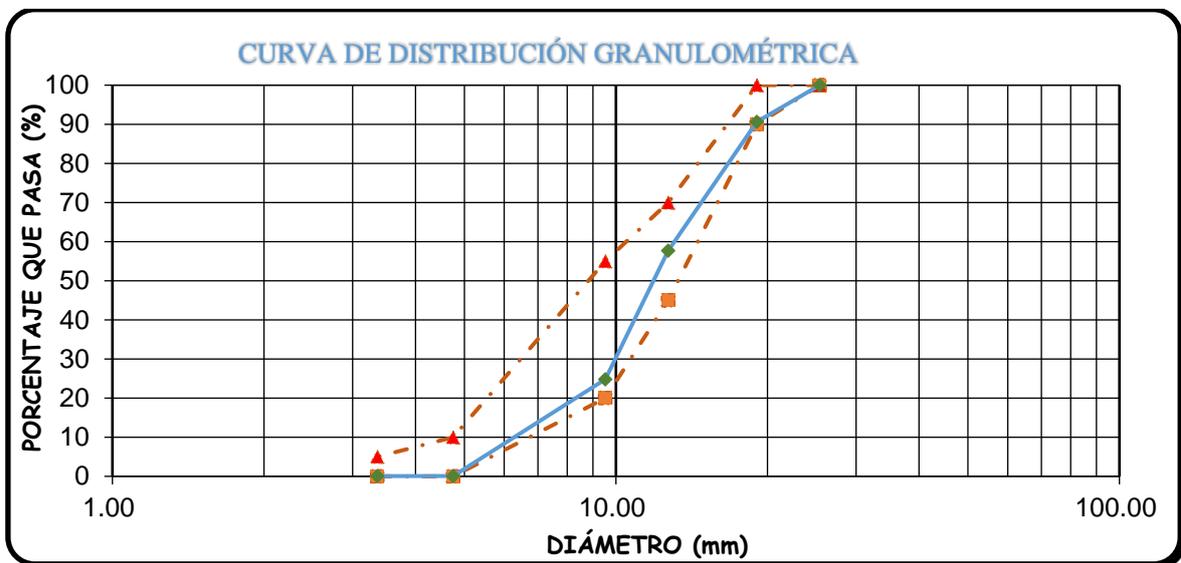
Tabla 25

Ensayo N° 03 de Granulométrico de agregado grueso

| Peso Seco Inicial = | | 8000.00 gr | | | |
|---------------------|---------------|------------------|------------------|--------------------|----------|
| Tamiz | Peso | Porcentaje | Porcentaje | Porcentaje | |
| N° | Abertura (mm) | Retenido Parcial | Retenido Parcial | Retenido Acumulado | Que Pasa |
| 1" | 25.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.05 | 748.00 | 9.35 | 9.35 | 90.65 |
| 1/2" | 12.70 | 2635.00 | 32.94 | 42.29 | 57.71 |
| 3/8" | 9.53 | 2633.00 | 32.91 | 75.20 | 24.80 |
| N°4 | 4.75 | 1979.00 | 24.74 | 99.94 | 0.06 |
| Cazoleta | -- | 5 | 0.06 | 100.00 | 0.00 |
| Total | | 8000.00 | | | |
| Módulo de finura | | | 6.846 | | |

Figura 6

Curva granulométrica del ensayo N° 03 de agregado grueso



MÓDULO DE FINURA PROMEDIO: 6.843

Tabla 26*Ensayo de peso específico del agregado grueso.*

| Descripción | Und. | M-1 | M-2 | M-3 | Promedio |
|--|-------------------|---------|---------|---------|----------|
| Peso de muestra SSS + canastilla sumergida | g | 2744.50 | 2744.60 | 2743.50 | |
| Peso de canastilla sumergida | g | 875.00 | 875.00 | 875.00 | |
| Peso de la muestra superficialmente Seca | g | 3000.00 | 3000.00 | 3000.00 | |
| Peso de la muestra secada al horno | g | 2966.80 | 2967.90 | 2969.70 | |
| Peso de la muestra sumergida en el agua | g | 1869.50 | 1869.60 | 1868.50 | |
| Peso Específico de Masa | g/cm ³ | 2.624 | 2.626 | 2.625 | 2.620 |
| Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco | g/cm ³ | 2.654 | 2.654 | 2.651 | 2.650 |
| Peso Específico de Aparente | g/cm ³ | 2.704 | 2.702 | 2.697 | 2.700 |

Tabla 27*Ensayo de absorción del agregado grueso.*

| Descripción | Und. | M-1 | M-2 | M-3 | Promedio |
|--|------|---------|---------|---------|----------|
| Peso de la muestra Superficialmente Seca | g | 3000.00 | 3000.00 | 3000.00 | |
| Peso de la muestra secada al horno | g | 2966.80 | 2967.90 | 2969.70 | |
| Absorción (%) | % | 1.119 | 1.082 | 1.020 | 1.100 |

Ensayo de Peso Unitario del Agregado Grueso

Tabla 28*Calculo del factor f del molde de agregado grueso*

| | |
|--------------------------|----------|
| Peso del Molde (g) | 4227.00 |
| Peso del Molde +Agua (g) | 13770.00 |
| Peso Agua (Kg) | 9.5430 |
| f (1/m3) | 104.307 |

Tabla 29*Ensayo peso unitario seco suelto del agregado grueso*

| Descripción | Und. | M-1 | M-2 | M-3 | Promedio |
|-------------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|
| Peso del recipiente | g | 4227.00 | 4227.00 | 4227.00 | |
| Peso de muestra suelta + recipiente | g | 17448.00 | 17536.00 | 17642.00 | |
| Peso de la muestra suelta | g | 13221.00 | 13309.00 | 13415.00 | |
| Factor (f) | 1/m ³ | 104.307 | 104.307 | 104.307 | |
| Peso Unitario Suelto | g/cm ³ | 1.379 | 1.388 | 1.399 | 1.389 |
| Peso Unitario Suelto | Kg/m ³ | 1379 | 1388 | 1399 | 1389 |

Tabla 30*Ensayo peso unitario seco compactado del agregado grueso*

| Descripción | Und. | M-1 | M-2 | M-3 | Promedio |
|--|-------------------|----------|----------|----------|----------|
| Peso del recipiente | g | 4227.00 | 4227.00 | 4227.00 | |
| Peso de muestra Compactada + recipiente | g | 18658.00 | 18692.00 | 18725.00 | |
| Peso de la muestra suelta | g | 14431.00 | 14465.00 | 14498.00 | |
| Factor (f) | | 104.307 | 104.307 | 104.307 | |
| Peso Unitario Compactado | g/cm ³ | 1.505 | 1.509 | 1.512 | 1.509 |
| Peso Unitario Compactado | Kg/m ³ | 1505 | 1509 | 1512 | 1509 |

Tabla 31*Ensayo del contenido de humedad del agregado grueso.*

| Descripción | Und. | M-1 | M-2 | M-3 | Promedio |
|---|------|---------|---------|---------|----------|
| Peso del Recipiente | g | 359.00 | 360.30 | 361.60 | |
| Peso del Recipiente + muestra Húmeda | g | 1544.00 | 1578.00 | 1667.00 | |
| Peso del Recipiente + muestra seca | g | 1541.00 | 1575.00 | 1663.00 | |
| Contenido de Humedad | W % | 0.25 | 0.25 | 0.31 | 0.27 |

Tabla 32*Ensayo de partículas que pasan la malla N°200 del agregado grueso*

| Descripción | Und. | M-1 | M-2 | M-3 | Promedio |
|--|------|---------|---------|---------|----------|
| Peso de Muestra Original | g | 3000.00 | 3000.00 | 3000.00 | |
| Peso de la muestra Lavada | g | 2989.00 | 2991.00 | 2988.00 | |
| Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200 | g | 11.00 | 9.00 | 12.00 | |
| % de Material que Pasa el Tamiz N° 200 | % | 0.367 | 0.300 | 0.400 | 0.40 |

Tabla 33*Ensayo de abrasión del agregado grueso*

| Gradación | Equipo Mecánico | N° de Esferas | Velocidad (rev./mim) | N° de Revoluciones | Tamaño Máx. Nominal | Peso de la Muestra en (g.) |
|---|------------------------|---------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|
| B | Máquina de los Ángeles | 11 | 30 - 33 | 500.00 | 3/4" | 5000.00 |
| N° DE ENSAYOS | | | | 1° | 2° | 3° |
| Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.) | | | | 5000 | 5000 | 5000 |
| Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g) | | | | 3671 | 3674 | 3665 |
| % Desg. =((Pi -Pf) / Pi) x 100 | | | | 26.58 | 26.52 | 26.70 |
| Abrasión % Desgaste Promedio | | | | | 27.00 | |

Ensayos de Agregado Fino

Tabla 34

Ensayo N° 01 de Granulométrico de agregado fino

| Tamiz | | Peso Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Acumulado | Porcentaje Que Pasa |
|--------------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| N° | Abertura (mm) | | | | |
| Peso Seco Inicial = 2000.00 gr | | | | | |
| 3/8" | 9.53 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 76.00 | 3.80 | 3.80 | 96.20 |
| N°8 | 3.36 | 274.00 | 13.70 | 17.50 | 82.50 |
| N 16 | 1.18 | 376.00 | 18.80 | 36.30 | 63.70 |
| N 30 | 0.60 | 448.00 | 22.40 | 58.70 | 41.30 |
| N 50 | 0.30 | 477.00 | 23.85 | 82.55 | 17.45 |
| N 100 | 0.15 | 276.00 | 13.80 | 96.35 | 3.65 |
| N 200 | 0.075 | 68.00 | 3.40 | 99.75 | 0.25 |
| Cazoleta | -- | 5 | 0.25 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 2000.0 | | | |
| Módulo de finura | | | 2.95200 | | |

Figura 7

Curva granulométrica del ensayo N° 01 del agregado fino

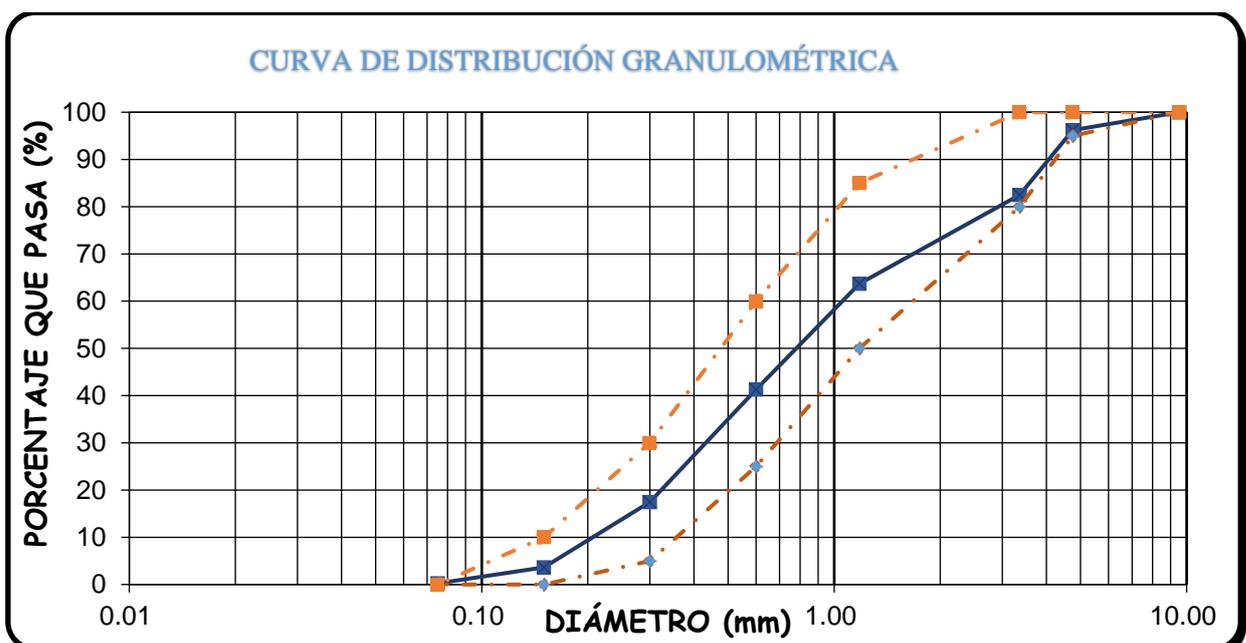


Tabla 35

Ensayo N° 02 de Granulométrico de agregado fino

| Tamiz | | Peso | Porcentaje | Porcentaje | Porcentaje |
|------------------|---------------|------------------|------------------|--------------------|------------|
| N° | Abertura (mm) | Retenido Parcial | Retenido Parcial | Retenido Acumulado | Que Pasa |
| 3/8" | 9.53 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 70.00 | 3.50 | 3.50 | 96.50 |
| N°8 | 3.36 | 276.00 | 13.80 | 17.30 | 82.70 |
| N 16 | 1.18 | 384.00 | 19.20 | 36.50 | 63.50 |
| N 30 | 0.60 | 438.00 | 21.90 | 58.40 | 41.60 |
| N 50 | 0.30 | 457.00 | 22.85 | 81.25 | 18.75 |
| N 100 | 0.15 | 296.00 | 14.80 | 96.05 | 3.95 |
| N 200 | 0.075 | 74.00 | 3.70 | 99.75 | 0.25 |
| Cazoleta | -- | 5 | 0.25 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 2000.0 | | | |
| Módulo de finura | | | 2.93000 | | |

Figura 8

Curva granulométrica del ensayo N° 02 del agregado fino

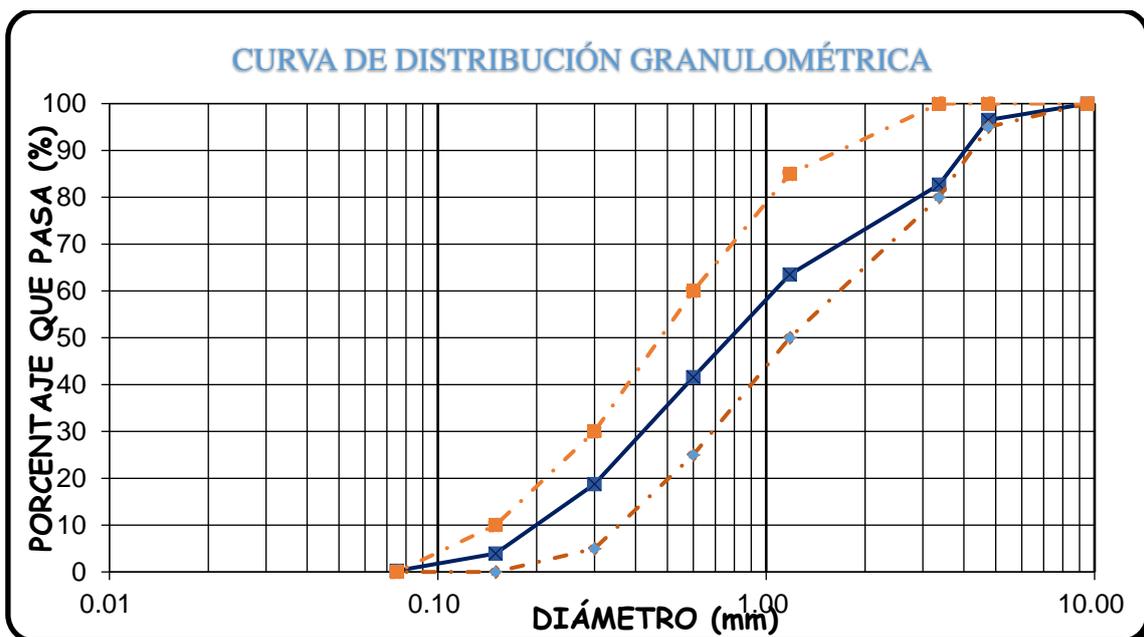


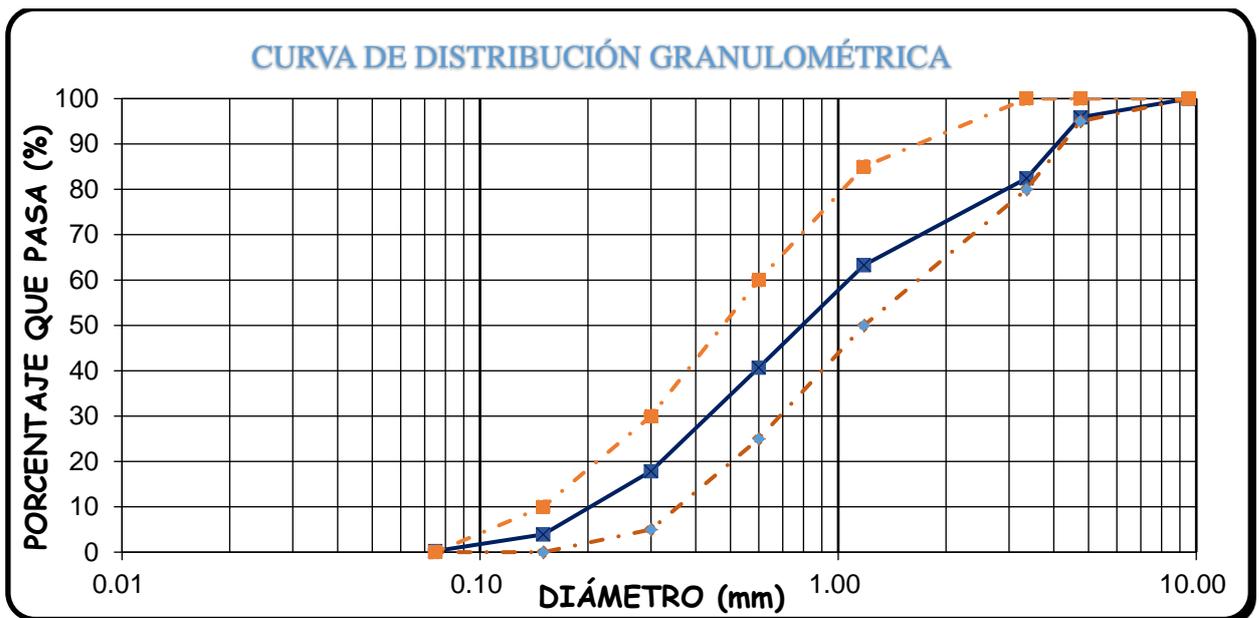
Tabla 36

Ensayo N° 03 de Granulométrico de agregado fino

| Peso Seco Inicial = | | 2000.00 gr | | | |
|---------------------|---------------|------------|------------------|--------------------|----------|
| Tamiz | Peso Retenido | Porcentaje | Porcentaje | Porcentaje | |
| N° | Abertura (mm) | Parcial | Retenido Parcial | Retenido Acumulado | Que Pasa |
| 3/8" | 9.53 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 82.00 | 4.10 | 4.10 | 95.90 |
| N°8 | 3.36 | 269.00 | 13.45 | 17.55 | 82.45 |
| N 16 | 1.18 | 383.00 | 19.15 | 36.70 | 63.30 |
| N 30 | 0.60 | 452.00 | 22.60 | 59.30 | 40.70 |
| N 50 | 0.30 | 457.00 | 22.85 | 82.15 | 17.85 |
| N 100 | 0.15 | 279.00 | 13.95 | 96.10 | 3.90 |
| N 200 | 0.075 | 73.00 | 3.65 | 99.75 | 0.25 |
| Cazoleta | -- | 5 | 0.25 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 2000.0 | | | |
| Módulo de finura | | 2.95900 | | | |

Figura 9

Curva granulométrica del ensayo N° 03 del agregado fino



MÓDULO DE FINURA PROMEDIO: 2.947

Tabla 37*Ensayo de peso específico del agregado fino*

| Descripción | Und. | M-1 | M-2 | M-3 | Promedio |
|--|------------------|--------|--------|--------|----------|
| Peso de fiola | g | 192.7 | 192.7 | 192.7 | |
| Peso de la fiola +agua hasta menizco | g | 690.4 | 690.4 | 690.4 | |
| peso de la fiola +agua + muestra | g | 1004.1 | 1004.0 | 1003.7 | |
| Peso de la muestra superficialmente Seca | g | 500.00 | 500.00 | 500.00 | |
| Peso de la muestra secada al horno | g | 492.80 | 493.30 | 493.10 | |
| volumen de agua añadida al frasco (g) | g | 311.40 | 311.25 | 311.04 | |
| Peso Específico de Masa | g/m ³ | 2.613 | 2.614 | 2.610 | 2.610 |
| Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco | g/m ³ | 2.651 | 2.649 | 2.646 | 2.650 |
| Peso Específico de Aparente | g/m ³ | 2.717 | 2.710 | 2.708 | 2.710 |

Tabla 38*Ensayo de absorción del agregado fino*

| Descripción | Und. | M-1 | M-2 | M-3 | Promedio |
|--|------|--------|--------|--------|----------|
| Peso de la muestra Superficialmente Seca | g | 500.00 | 500.00 | 500.00 | |
| Peso de la muestra secada al horno | g | 492.80 | 493.30 | 493.10 | |
| Absorción (%) | % | 1.461 | 1.358 | 1.399 | 1.400 |

Tabla 39*Peso específico del agua*

| | |
|---------------------------|--------|
| Peso de la fiola en (g) | 192.7 |
| Peso de la fiola en (g) | 690.4 |
| Volumen de la fiola (cm3) | 500 |
| Peso específico (g/cm3) | 0.9954 |
| P.e en (Kg/m3) | 995.4 |

Tabla 40*Factor "f" del recipiente del agregado fino*

| | |
|---------------------------|--------|
| Peso del Molde (g) | 1995 |
| Peso del Molde + Agua (g) | 4869 |
| Peso Agua (Kg) | 2.874 |
| f (1/m ³) | 346.35 |

Tabla 41*Ensayo peso unitario seco suelto del agregado fino*

| Descripción | Und. | M-1 | M-2 | M-3 | Promedio |
|-------------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|----------|
| Peso del recipiente | g | 1995.00 | 1995.00 | 1995.00 | |
| Peso de muestra suelta + recipiente | g | 6631.00 | 6645.00 | 6658.00 | |
| Peso de la muestra suelta | g | 4636.00 | 4650.00 | 4663.00 | |
| Factor (f) | | 346.347 | 346.347 | 346.347 | |
| Peso Unitario Suelto | g/cm ³ | 1.606 | 1.611 | 1.615 | 1.610 |
| Peso Unitario Suelto | Kg/m ³ | 1605.66 | 1610.51 | 1615.01 | 1610 |

Tabla 42*Ensayo peso unitario seco compactado del agregado fino*

| Descripción | Und. | M-1 | M-2 | M-3 | Promedio |
|---|-------------------|---------|---------|---------|----------|
| Peso del recipiente | g | 1995.00 | 1995.00 | 1995.00 | |
| Peso de muestra Compactada + recipiente | g | 7009.00 | 6994.00 | 7013.00 | |
| Peso de la muestra suelta | g | 5014.00 | 4999.00 | 5018.00 | |
| Factor (f) | | 346.347 | 346.347 | 346.347 | |
| Peso Unitario Compactado | g/cm ³ | 1.737 | 1.731 | 1.738 | 1.735 |
| Peso Unitario Compactado | Kg/m ³ | 1736.58 | 1731.39 | 1737.97 | 1735 |

Tabla 43*Ensayo del contenido de humedad del agregado fino.*

| Descripción | Und. | M-1 | M-2 | M-3 | Promedio |
|--------------------------------------|------|---------|---------|---------|----------|
| Peso del Recipiente | g | 362.00 | 365.00 | 361.00 | |
| Peso del Recipiente + muestra Humeda | g | 1486.00 | 1655.00 | 1477.00 | |
| Peso del Recipiente + muestra seca | g | 1434.00 | 1598.00 | 1427.00 | |
| Contenido de Humedad | W % | 4.85 | 4.62 | 4.69 | 4.72 |

Tabla 44*Ensayo de partículas que pasan la malla N°200 del agregado fino.*

| Descripción | Und. | M-1 | M-2 | M-3 | Promedio |
|--|------|--------|--------|--------|----------|
| Peso de Muestra Original | g | 500.00 | 500.00 | 500.00 | |
| Peso de la muestra Lavada | g | 486.50 | 486.60 | 486.70 | |
| Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200 | g | 13.50 | 13.40 | 13.30 | |
| Material que Pasa el Tamiz N° 200 | % | 2.70 | 2.68 | 2.66 | 2.70 |

APÉNDICE 02: DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla 45

Resumen de propiedades de los materiales para el diseño de mezclas

| Materiales para Diseño | | | |
|------------------------|------------------|-----------------|-------------------------|
| Cemento | Pacasmayo tipo I | Peso Especifico | 3.11 kg/cm ³ |

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

| | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO |
|---|---------------|-----------------|
| Tamaño máximo nominal | | 3/4" |
| Peso específico de masa (g/cm ³) | 2.610 | 2.620 |
| Peso específico saturado superficialmente seco (g/cm ³) | 2.650 | 2.650 |
| Peso específico aparente (g/cm ³) | 2.710 | 2.700 |
| Peso unitario suelto (Kg/cm ³) | 1610 | 1389 |
| Peso unitario compactado (Kg/cm ³) | 1735 | 1509 |
| Contenido de humedad (%) | 4.720 | 0.270 |
| Absorción (%) | 1.400 | 1.100 |
| Módulo de finura | 2.947 | 6.843 |
| Abrasión (%) | ... | 27.00 |
| % que pasa malla n° 200 | 2.70 | 0.40 |

Tabla 46

Procedimiento para el diseño de mezclas para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

| PROCEDIMIENTO | |
|------------------------------|----------------------------------|
| Valores de Diseño | |
| $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | Cemento = 332.15 kg |
| $f'cr = 252 \text{ kg/cm}^2$ | Agua de Diseño = 205.00 lt |
| Asentamiento = 3"- 4" | Agregado Fino Seco = 834.09 kg |
| Volumen de agua = 205 litros | Agregado Grueso seco = 913.40 kg |
| Aire total = 2.0% | Aire Total = 2.0% |

| | | | | |
|---|----------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Relación a/c = 0.6172 | | 0.6172 | | |
| | | Aporte de Humedad | | |
| Factor Cemento = | 332.1451 | =7.815 | bolsas | Aporte de AF = 27.6919 lt |
| | | | | Aporte de AG = -7.5812 lt |
| Agregado Grueso = | 0.60530 | TOTAL = 20.1107 lt | | |
| | | = 913.3977 Kg/m ³ | | |
| Volúmenes Absolutos | | Materiales Corregidos | | |
| Cemento = | 0.10680 | m ³ | Cemento = | 332.15 kg |
| Agua = | 0.20500 | m ³ | Agua de Efectiva = | 184.89 kg |
| Aire = | 0.02000 | m ³ | Agregado Fino Húmedo = | 873.46 kg |
| Agregado Grueso = | 0.34863 | m ³ | Agregado Grueso Húmedo = | 915.86 kg |
| Suma = | 0.68042 | m ³ | Aire Total = | 2.0% |
| | | Agregado Fino = 0.319576 | | |
| | | = 834.09 Kg/m ³ | | |
| Proporcionamiento en peso = 1: 2.63: 2.76/ 23.66 lt/ bolsa | | | | |
| Proporcionamiento en Volumen = 1: 2.34: 2.97/ 23.66 lt/ bolsa | | | | |

Tabla 47

Procedimiento para el diseño de mezclas para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

| PROCEDIMIENTO | | | | |
|-------------------|----------|--------------------|------------------------|---------------------------|
| Valores de Diseño | | | | |
| $f'c =$ | 175 | kg/cm ² | Cemento = | 299.70 kg |
| $f'cr =$ | 210 | kg/cm ² | Agua de Diseño = | 205.00 lt |
| Asentamiento = | 3"- 4" | | Agregado Fino Seco = | 861.31 kg |
| Volumen de agua = | 205 | litros | Agregado Grueso Seco = | 913.39 kg |
| Aire Total = | 2.0% | | Aire Total = | 2.0% |
| Relación a/c = | | 0.6840 | 0.6840 | |
| Aporte de Humedad | | | | |
| Factor Cemento = | 299.7076 | =7.0519 | bolsas | Aporte de AF = 28.5957 lt |
| | | | | Aporte de AG = -7.5812 lt |
| Agregado Grueso = | 0.60530 | 0.6053 | | TOTAL = 21.0145 lt |

| | |
|---|------------------------------------|
| =913.3977 kg/m ³ | |
| Volúmenes Absolutos | Materiales Corregidos |
| Cemento = 0.09637 m ³ | Cemento = 299.70 kg |
| Agua = 0.20500 m ³ | Agua de Efectiva = 183.98 lt |
| Aire = 0.02000 m ³ | Agregado Fino Húmedo = 901.96 kg |
| Agregado Grueso = 0.34863 m ³ | Agregado Grueso Húmedo = 915.86 kg |
| Suma = 0.66999 m ³ | Aire Total = 2.0% |
| Agregado Fino = 0.33001 m ³ | |
| = 861.31 kg/m ³ | |
| Proporcionamiento en Peso = 1: 3.01: 3.06/26.09 lt/bolsa | |
| Proporcionamiento en Volumen = 1: 2.68: 3.29/26.09 lt/bolsa | |

APÉNDICE 03: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A LA COMPRESIÓN

Tabla 48

Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ y 03 días de curado.

| Código | Fecha de Fabricación | Fecha de Rotura | Edad | Diámetros | | Diámetro Promedio (cm) | Peso (kg) | Carga Última (tn) | Resistencia Obtenida (kg/cm ²) | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | Porcentaje (%) | |
|--------------------------------|----------------------|-----------------|-----------|-----------|----------|------------------------|-----------|-------------------|--|--|----------------|--------|
| | | | | Inferior | Superior | | | | | | | |
| Sika (Antisol S) | T1 - M1 | 4/05/2023 | 7/05/2023 | 3 Días | 15.154 | 15.192 | 15.173 | 12530 | 21.50 | 118.9 | 115.0 | 54.77% |
| | T1 - M2 | | | | 15.194 | 15.201 | 15.198 | 12570 | 22.00 | 121.3 | | |
| | T2 - M1 | | | | 15.192 | 15.187 | 15.190 | 12195 | 19.00 | 104.9 | | |
| Chema (Membranil Reforzado) | T1 - M1 | 4/05/2023 | 7/05/2023 | 3 Días | 15.183 | 15.173 | 15.178 | 12450 | 22.00 | 121.6 | 119.1 | 56.69% |
| | T1 - M2 | | | | 15.155 | 15.194 | 15.175 | 12519 | 21.50 | 118.9 | | |
| | T2 - M1 | | | | 15.120 | 15.153 | 15.137 | 12454 | 21.00 | 116.7 | | |
| Z aditivos (Z Membrana A) | T1 - M1 | 4/05/2023 | 7/05/2023 | 3 Días | 15.168 | 15.752 | 15.460 | 12341 | 20.50 | 109.2 | 109.6 | 52.21% |
| | T1 - M2 | | | | 15.192 | 15.163 | 15.178 | 12495 | 20.00 | 110.5 | | |
| | T2 - M1 | | | | 15.120 | 15.425 | 15.273 | 12375 | 20.00 | 109.2 | | |
| Sumergido en Agua | T1 - M1 | 4/05/2023 | 7/05/2023 | 3 Días | 15.172 | 15.860 | 15.516 | 12747 | 30.00 | 158.7 | 164.1 | 78.15% |
| | T1 - M2 | | | | 15.201 | 15.783 | 15.492 | 12719 | 30.50 | 161.8 | | |
| | T2 - M1 | | | | 15.134 | 15.174 | 15.154 | 13169 | 31.00 | 171.9 | | |

Tabla 49

Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ y 07 días de curado

| Código | Fecha de Fabricación | Fecha de Rotura | Edad | Diámetros | | Diámetro Promedio (cm) | Peso (kg) | Carga Ultima (tn) | Resistencia Obtenida (kg/cm ²) | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | Porcentaje (%) | |
|--------------------------------|----------------------|-----------------|------------|-----------|----------|------------------------|-----------|-------------------|--|--|----------------|---------|
| | | | | Inferior | Superior | | | | | | | |
| Sika (Antisol S) | T2 - M2 | 4/05/2023 | 11/05/2023 | 7 Días | 15.175 | 15.179 | 15.177 | 12484 | 29.00 | 160.3 | 154.7 | 73.64% |
| | T3 - M1 | | | | 15.199 | 15.187 | 15.193 | 12393 | 27.00 | 148.9 | | |
| | T3 - M2 | | | | 15.177 | 15.182 | 15.180 | 12327 | 28.00 | 154.7 | | |
| Chema (Membranil Reforzado) | T2 - M2 | 4/05/2023 | 11/05/2023 | 7 Días | 15.198 | 15.194 | 15.196 | 12473 | 28.00 | 154.4 | 163.3 | 77.77% |
| | T3 - M1 | | | | 15.133 | 15.157 | 15.145 | 12233 | 29.50 | 163.8 | | |
| | T3 - M2 | | | | 15.165 | 15.147 | 15.156 | 12327 | 31.00 | 171.8 | | |
| Z aditivos (Z Membrana A) | T2 - M2 | 4/05/2023 | 11/05/2023 | 7 Días | 15.191 | 15.185 | 15.188 | 12465 | 26.00 | 143.5 | 154.6 | 73.62% |
| | T3 - M1 | | | | 15.178 | 15.184 | 15.181 | 12294 | 28.50 | 157.5 | | |
| | T3 - M2 | | | | 15.177 | 15.197 | 15.187 | 12298 | 29.50 | 162.9 | | |
| Sumergido en Agua | T2 - M2 | 4/05/2023 | 11/05/2023 | 7 Días | 15.166 | 15.157 | 15.162 | 12820 | 37.50 | 207.7 | 210.2 | 100.11% |
| | T3 - M1 | | | | 15.184 | 15.181 | 15.183 | 12746 | 38.50 | 212.7 | | |
| | T3 - M2 | | | | 15.164 | 15.172 | 15.168 | 13289 | 38.00 | 210.3 | | |

Tabla 50

Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ y 14 días de curado.

| Código | | Fecha de Fabricación | Fecha de Rotura | Edad | Diámetros | | Diámetro Promedio (cm) | Peso (kg) | Carga Ultima (tn) | Resistencia Obtenida (kg/cm ²) | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | Porcentaje (%) |
|--------------------------------|---------|----------------------|-----------------|---------|-----------|----------|------------------------|-----------|-------------------|--|--|----------------|
| | | | | | Inferior | Superior | | | | | | |
| Sika (Antisol S) | T4 - M1 | 4/05/2023 | 18/05/2023 | 14 Días | 15.198 | 15.201 | 15.200 | 12400 | 36.07 | 198.8 | 201.3 | 95.85% |
| | T4 - M2 | | | | 15.176 | 15.187 | 15.182 | 12377 | 35.09 | 193.8 | | |
| | T5 - M1 | | | | 15.121 | 15.132 | 15.127 | 12410 | 37.95 | 211.2 | | |
| Chema (Membranil Reforzado) | T4 - M1 | 4/05/2023 | 18/05/2023 | 14 Días | 15.147 | 15.168 | 15.158 | 12402 | 36.67 | 203.2 | 204.1 | 97.18% |
| | T4 - M2 | | | | 15.153 | 15.178 | 15.166 | 12418 | 37.17 | 205.8 | | |
| | T5 - M1 | | | | 15.199 | 15.187 | 15.193 | 12524 | 36.85 | 203.2 | | |
| Z aditivos (Z Membrana A) | T4 - M1 | 4/05/2023 | 18/05/2023 | 14 Días | 15.167 | 15.187 | 15.177 | 12323 | 36.67 | 202.7 | 194.8 | 92.79% |
| | T4 - M2 | | | | 15.138 | 15.124 | 15.131 | 12416 | 34.68 | 192.8 | | |
| | T5 - M1 | | | | 15.185 | 15.176 | 15.181 | 12343 | 34.21 | 189.0 | | |
| Sumergido en Agua | T4 - M1 | 4/05/2023 | 18/05/2023 | 14 Días | 15.146 | 15.157 | 15.152 | 12992 | 46.96 | 260.4 | 260.0 | 123.81% |
| | T4 - M2 | | | | 15.164 | 15.151 | 15.158 | 12803 | 45.53 | 252.3 | | |
| | T5 - M1 | | | | 15.134 | 15.112 | 15.123 | 13127 | 48.00 | 267.2 | | |

Tabla 51

Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ y 28 días de curado.

| Código | Fecha de Fabricación | Fecha de Rotura | Edad | Diámetros | | Diámetro Promedio (cm) | Peso (kg) | Carga Última (tn) | Resistencia Obtenida (kg/cm ²) | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | Porcentaje (%) | |
|--------------------------------|----------------------|-----------------|-----------|-----------|----------|------------------------|-----------|-------------------|--|--|----------------|---------|
| | | | | Inferior | Superior | | | | | | | |
| Sika (Antisol S) | T5 - M2 | 4/05/2023 | 1/06/2023 | 28 Días | 15.113 | 15.121 | 15.117 | 12430 | 43.50 | 242.4 | 244.8 | 116.57% |
| | T6 - M1 | | | | 15.136 | 15.147 | 15.142 | 12791 | 45.00 | 249.9 | | |
| | T6 - M2 | | | | 15.117 | 15.132 | 15.125 | 12627 | 43.50 | 242.1 | | |
| Chema (Membranil Reforzado) | T5 - M2 | 4/05/2023 | 1/06/2023 | 28 Días | 15.162 | 15.168 | 15.165 | 12428 | 45.00 | 249.1 | 255.5 | 121.69% |
| | T6 - M1 | | | | 15.165 | 15.178 | 15.172 | 12840 | 46.50 | 257.2 | | |
| | T6 - M2 | | | | 15.159 | 15.167 | 15.163 | 12808 | 47.00 | 260.3 | | |
| Z aditivos (Z Membrana A) | T5 - M2 | 4/05/2023 | 1/06/2023 | 28 Días | 15.121 | 15.147 | 15.134 | 12314 | 43.00 | 239.0 | 244.0 | 116.19% |
| | T6 - M1 | | | | 15.156 | 15.134 | 15.145 | 12871 | 45.50 | 252.6 | | |
| | T6 - M2 | | | | 15.181 | 15.176 | 15.179 | 12864 | 43.50 | 240.4 | | |
| Sumergido en Agua | T5 - M2 | 4/05/2023 | 1/06/2023 | 28 Días | 15.179 | 15.157 | 15.168 | 12725 | 51.00 | 282.2 | 292.7 | 139.37% |
| | T6 - M1 | | | | 15.144 | 15.151 | 15.148 | 13167 | 54.50 | 302.4 | | |
| | T6 - M2 | | | | 15.163 | 15.172 | 15.168 | 13106 | 53.00 | 293.3 | | |

Tabla 52

Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 03 días de curado

| Código | Fecha de Fabricación | Fecha de Rotura | Edad | Diámetros | | Diámetro Promedio (cm) | Peso (kg) | Carga Última (tn) | Resistencia Obtenida (kg/cm ²) | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | Porcentaje (%) | |
|--------------------------------|----------------------|-----------------|-----------|-----------|----------|------------------------|-----------|-------------------|--|--|----------------|--------|
| | | | | Inferior | Superior | | | | | | | |
| Sika (Antisol S) | T1 - M1 | 5/05/2023 | 8/05/2023 | 3 Días | 15.154 | 15.169 | 15.162 | 12866 | 17.50 | 96.9 | 97.7 | 55.80% |
| | T1 - M2 | | | | 15.174 | 15.188 | 15.181 | 12896 | 18.50 | 102.2 | | |
| | T2 - M1 | | | | 15.192 | 15.185 | 15.189 | 12895 | 17.00 | 93.8 | | |
| Chema (Membranil Reforzado) | T1 - M1 | 5/05/2023 | 8/05/2023 | 3 Días | 15.183 | 15.174 | 15.179 | 12842 | 18.50 | 102.2 | 101.6 | 58.06% |
| | T1 - M2 | | | | 15.155 | 15.168 | 15.162 | 12829 | 19.00 | 105.2 | | |
| | T2 - M1 | | | | 15.125 | 15.134 | 15.130 | 12814 | 17.50 | 97.3 | | |
| Z aditivos (Z Membrana A) | T1 - M1 | 5/05/2023 | 8/05/2023 | 3 Días | 15.129 | 15.141 | 15.135 | 12891 | 18.50 | 102.8 | 96.2 | 54.98% |
| | T1 - M2 | | | | 15.192 | 15.175 | 15.184 | 12899 | 17.00 | 93.9 | | |
| | T2 - M1 | | | | 15.112 | 15.126 | 15.119 | 12852 | 16.50 | 91.9 | | |
| Sumergido en Agua | T1 - M1 | 5/05/2023 | 8/05/2023 | 3 Días | 15.172 | 15.164 | 15.168 | 13071 | 25.50 | 141.1 | 141.5 | 80.88% |
| | T1 - M2 | | | | 15.121 | 15.139 | 15.130 | 13119 | 26.50 | 147.4 | | |
| | T2 - M1 | | | | 15.134 | 15.147 | 15.141 | 13109 | 24.50 | 136.1 | | |

Tabla 53

Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 07 días de curado

| Código | Fecha de Fabricación | Fecha de Rotura | Edad | Diámetros | | Diámetro Promedio (cm) | Peso (kg) | Carga Última (tn) | Resistencia Obtenida (kg/cm ²) | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | Porcentaje (%) | |
|--------------------------------|----------------------|-----------------|------------|-----------|----------|------------------------|-----------|-------------------|--|--|----------------|---------|
| | | | | Inferior | Superior | | | | | | | |
| Sika (Antisol S) | T2 - M2 | 4/05/2023 | 11/05/2023 | 7 Días | 15.174 | 15.160 | 15.167 | 12849 | 24.00 | 132.8 | 130.8 | 74.76% |
| | T3 - M1 | | | | 15.187 | 15.199 | 15.193 | 12864 | 24.00 | 132.4 | | |
| | T3 - M2 | | | | 15.178 | 15.161 | 15.170 | 12855 | 23.00 | 127.3 | | |
| Chema (Membranil Reforzado) | T2 - M2 | 4/05/2023 | 11/05/2023 | 7 Días | 15.171 | 15.167 | 15.169 | 12717 | 24.50 | 135.6 | 139.2 | 79.55% |
| | T3 - M1 | | | | 15.174 | 15.179 | 15.177 | 12681 | 26.00 | 143.7 | | |
| | T3 - M2 | | | | 15.164 | 15.173 | 15.169 | 12698 | 25.00 | 138.3 | | |
| Z aditivos (Z Membrana A) | T2 - M2 | 4/05/2023 | 11/05/2023 | 7 Días | 15.199 | 15.190 | 15.195 | 12896 | 23.50 | 129.6 | 129.7 | 74.09% |
| | T3 - M1 | | | | 15.197 | 15.189 | 15.193 | 12769 | 23.00 | 126.9 | | |
| | T3 - M2 | | | | 15.184 | 15.189 | 15.187 | 12824 | 24.00 | 132.5 | | |
| Sumergido en Agua | T2 - M2 | 4/05/2023 | 11/05/2023 | 7 Días | 15.171 | 15.187 | 15.179 | 13314 | 34.50 | 190.7 | 185.2 | 105.84% |
| | T3 - M1 | | | | 15.177 | 15.165 | 15.171 | 13073 | 33.50 | 185.3 | | |
| | T3 - M2 | | | | 15.175 | 15.177 | 15.176 | 13135 | 32.50 | 179.7 | | |

Tabla 54

Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 14 días de curado

| Código | Fecha de Fabricación | Fecha de Rotura | Edad | Diámetros | | Diámetro Promedio (cm) | Peso (kg) | Carga Ultima (tn) | Resistencia Obtenida (kg/cm ²) | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | Porcentaje (%) | |
|--------------------------------|----------------------|-----------------|------------|-----------|----------|------------------------|-----------|-------------------|--|--|----------------|---------|
| | | | | Inferior | Superior | | | | | | | |
| Sika (Antisol S) | T4 - M1 | 4/05/2023 | 18/05/2023 | 14 Días | 15.185 | 15.171 | 15.178 | 12400 | 28.00 | 154.8 | 156.0 | 89.16% |
| | T4 - M2 | | | | 15.176 | 15.187 | 15.182 | 12377 | 27.00 | 149.2 | | |
| | T5 - M1 | | | | 15.121 | 15.132 | 15.127 | 12410 | 29.50 | 164.2 | | |
| Chema (Membranil Reforzado) | T4 - M1 | 4/05/2023 | 18/05/2023 | 14 Días | 15.147 | 15.168 | 15.158 | 12402 | 29.00 | 160.7 | 161.3 | 92.19% |
| | T4 - M2 | | | | 15.153 | 15.178 | 15.166 | 12418 | 30.00 | 166.1 | | |
| | T5 - M1 | | | | 15.199 | 15.187 | 15.193 | 12524 | 28.50 | 157.2 | | |
| Z aditivos (Z Membrana A) | T4 - M1 | 4/05/2023 | 18/05/2023 | 14 Días | 15.167 | 15.187 | 15.177 | 12323 | 26.00 | 143.7 | 145.8 | 83.34% |
| | T4 - M2 | | | | 15.138 | 15.124 | 15.131 | 12416 | 27.50 | 152.9 | | |
| | T5 - M1 | | | | 15.185 | 15.176 | 15.181 | 12343 | 25.50 | 140.9 | | |
| Sumergido en Agua | T4 - M1 | 4/05/2023 | 18/05/2023 | 14 Días | 15.146 | 15.157 | 15.152 | 12792 | 38.50 | 213.5 | 211.0 | 120.55% |
| | T4 - M2 | | | | 15.164 | 15.151 | 15.158 | 12803 | 38.00 | 210.6 | | |
| | T5 - M1 | | | | 15.134 | 15.112 | 15.123 | 12827 | 37.50 | 208.8 | | |

Tabla 55

Resultados de los ensayos a compresión para un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 28 días de curado

| Código | Fecha de Fabricación | Fecha de Rotura | Edad | Diámetros | | Diámetro Promedio (cm) | Peso (kg) | Carga Última (tn) | Resistencia Obtenida (kg/cm ²) | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | Porcentaje (%) | |
|--------------------------------|----------------------|-----------------|-----------|-----------|----------|------------------------|-----------|-------------------|--|--|----------------|---------|
| | | | | Inferior | Superior | | | | | | | |
| Sika (Antisol S) | T5 - M2 | 4/05/2023 | 1/06/2023 | 28 Días | 15.120 | 15.121 | 15.121 | 12807 | 34.00 | 189.3 | 185.4 | 105.96% |
| | T6 - M1 | | | | 15.129 | 15.154 | 15.142 | 12871 | 32.50 | 180.5 | | |
| | T6 - M2 | | | | 15.117 | 15.132 | 15.125 | 12854 | 33.50 | 186.5 | | |
| Chema (Membranil Reforzado) | T5 - M2 | 4/05/2023 | 1/06/2023 | 28 Días | 15.155 | 15.168 | 15.162 | 12843 | 35.50 | 196.6 | 190.9 | 109.06% |
| | T6 - M1 | | | | 15.179 | 15.178 | 15.179 | 12744 | 34.50 | 190.7 | | |
| | T6 - M2 | | | | 15.159 | 15.187 | 15.173 | 12816 | 33.50 | 185.3 | | |
| Z aditivos (Z Membrana A) | T5 - M2 | 4/05/2023 | 1/06/2023 | 28 Días | 15.158 | 15.177 | 15.168 | 12805 | 33.50 | 185.4 | 179.8 | 102.74% |
| | T6 - M1 | | | | 15.170 | 15.164 | 15.167 | 12650 | 31.50 | 174.3 | | |
| | T6 - M2 | | | | 15.181 | 15.176 | 15.179 | 12745 | 32.50 | 179.6 | | |
| Sumergido en Agua | T5 - M2 | 4/05/2023 | 1/06/2023 | 28 Días | 15.124 | 15.157 | 15.141 | 13262 | 44.50 | 247.2 | 246.6 | 140.93% |
| | T6 - M1 | | | | 15.175 | 15.151 | 15.163 | 13273 | 43.50 | 240.9 | | |
| | T6 - M2 | | | | 15.163 | 15.172 | 15.168 | 13251 | 45.50 | 251.8 | | |

Tabla 56

Porcentaje de reducción en la resistencia con respecto al curado en agua para un concreto de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$.

| Curador | Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia de las probetas sumergidas en agua (%) | | | | Reducción en la resistencia a los 28 días (%) | Promedio de los curadores químicos (%) |
|---------------------------|--|--------|---------|---------|---|--|
| | 3 días | 7 días | 14 días | 28 días | | |
| Sika Antisol S | 70.08 | 73.57 | 77.41 | 83.64 | 16.36 | 15.22 |
| Chema Membranil Reforzado | 72.55 | 77.69 | 78.49 | 87.32 | 12.68 | |
| Z Aditivos: Z Membrana A | 66.81 | 73.54 | 74.94 | 83.37 | 16.63 | |
| Sumergido en Agua | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | |

Tabla 57

Porcentaje de reducción en la resistencia con respecto al curado en agua para un concreto de $f'c = 175\text{kg/cm}^2$.

| Curador | Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia de las probetas sumergidas en agua (%) | | | | Reducción en la resistencia a los 28 días (%) | Promedio de los curadores químicos (%) |
|---------------------------|--|--------|---------|---------|---|--|
| | 3 días | 7 días | 14 días | 28 días | | |
| Sika Antisol S | 69.00 | 70.64 | 73.96 | 75.19 | 24.81 | 24.84 |
| Chema Membranil Reforzado | 71.79 | 75.16 | 76.47 | 77.39 | 22.61 | |
| Z Aditivos: Z Membrana A | 67.98 | 70.00 | 69.13 | 72.90 | 27.10 | |
| Sumergido en Agua | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | |

APÉNDICE 04: PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 10

Elaboración de las probetas de concreto en el LEM - UNC



Figura 11

Control de slump de los diseños



Figura 12

Aplicación de curador químico Sika Antisol S.



Figura 13

Aplicación de curador químico Chema Membranil reforzado



Figura 14

Curado de probetas con aditivo químico Chema Membranil reforzado



Figura 15

Total de muestras curadas con los aditivos químicos.



Figura 16

Roturas de los especímenes de concreto



Figura 17

Tipo de falla registradas en varios especímenes

