



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUÍMICOS DE CURADO  
EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL  
CONCRETO BAJO EL CRITERIO DE ACEPTACIÓN DEL  
ACI 318-19, TRUJILLO 2020

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

Autores:

Oswaldo David Diaz Pino

Luis Henry Marin Castro

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo – Perú

2021

## DEDICATORIA

*Dedicamos este trabajo principalmente a Dios, por habernos dado la vida, salud y por permitirnos llegar hasta este momento tan importante para nuestra formación profesional.*

*A nuestros padres y hermanos por su amor y cariño; por brindarnos la confianza y consejos para poder seguir adelante y cumplir nuestras metas.*

*A nuestros amigos y profesores, por compartir sus conocimientos durante nuestra etapa universitaria.*

*Díaz Pino, Oswaldo David*

*Marin Castro, Luis Henry*

## AGRADECIMIENTO

*Agradecemos a nuestra casa de estudios, la Universidad Privada del Norte, y a sus grandes ingenieros que formaron parte de nuestros aprendizajes.*

*A nuestros padres y hermanos por sus buenos consejos y apoyo emocional.*

*A nuestros amigos, ya que ellos han tenido una gran influencia en el logro de esta meta.*

*A PRONABEC, a través de su programa nacional BECA 18, por habernos otorgado una beca integral completa de estudios y así poder formarnos en una carrera profesional.*

*A nuestro asesor, el ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz, por el apoyo constante, antes y durante la realización de nuestra tesis.*

*Díaz Pino, Oswaldo David*

*Marin Castro, Luis Henry*

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>1.1. Realidad Problemática</b> .....	12
<b>1.2. Antecedentes de la investigación</b> .....	18
<b>1.3. Bases teóricas</b> .....	26
<i>1.3.1. Concreto</i> .....	26
<i>1.3.2. Curado del concreto</i> .....	30
<i>1.3.3. Diseño de Mezcla</i> .....	33
<i>1.3.4. Propiedades Mecánicas</i> .....	34
<b>1.4. Formulación del problema</b> .....	38
<b>1.5. Objetivos</b> .....	38
<i>1.5.1. Objetivo general</i> .....	38
<i>1.5.2. Objetivos específicos</i> .....	38
<b>1.6. Hipótesis</b> .....	39
<i>1.6.1. Hipótesis general</i> .....	39
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b> .....	39
<b>2.1. Tipo de investigación</b> .....	39
<i>2.1.1. Según el propósito</i> .....	39
<i>2.1.2. Según el diseño</i> .....	39
<b>2.2. Diseño de investigación</b> .....	40
<b>2.3. Variables</b> .....	40
<i>2.3.1. Compuestos químicos de curado</i> .....	40
<i>2.3.2. Resistencia a la compresión del concreto</i> .....	41
<i>2.3.3. Operacionalización de variables</i> .....	42
<b>2.4. Población y muestra</b> .....	44
<i>2.4.1. Población</i> .....	44
<i>2.4.2. Muestra</i> .....	44
<b>2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	47
<i>2.5.1. Técnica de recolección de datos</i> .....	47
<i>2.5.2. Instrumentos de recolección de datos</i> .....	48
<i>2.5.3. Validación del instrumento de recolección de datos</i> .....	48

2.5.4.	<i>Análisis de datos</i> .....	48
2.5.5.	<i>Instrumento de análisis de datos</i> .....	50
2.6.	<b>Aspectos éticos</b> .....	50
2.7.	<b>Procedimiento</b> .....	51
2.7.1.	<i>Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP.400.012)</i> ....	52
2.7.2.	<i>Humedad de agregado grueso y fino (NTP.339.185)</i> .....	53
2.7.3.	<i>Peso unitario del agregado grueso y fino (NTP.400.017)</i> .....	54
2.7.4.	<i>Peso específico y absorción de los agregados</i> .....	56
2.7.5.	<i>Diseño de mezcla</i> .....	58
2.7.6.	<i>Ensayos del concreto</i> .....	58
2.8.	<b>Desarrollo de tesis</b> .....	69
2.8.1.	<i>Análisis granulométrico de los agregados</i> .....	70
2.8.2.	<i>Humedad de los agregados</i> .....	73
2.8.3.	<i>Peso unitario de los agregados</i> .....	75
2.8.4.	<i>Peso específico y absorción de los agregados</i> .....	77
2.8.5.	<i>Diseño de mezcla</i> .....	79
2.8.6.	<i>Ensayos del concreto</i> .....	84
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b> .....		93
3.1.	<b>Caracterización de agregados</b> .....	93
3.2.	<b>Diseño de mezcla <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math></b> .....	94
3.3.	<b>Resistencia a la compresión del concreto</b> .....	94
3.4.	<b>Cumplimiento de los requisitos enfocados del ACI 318-19</b> .....	96
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....		104
4.1.	<b>Discusión</b> .....	104
4.2.	<b>Conclusiones</b> .....	113
4.3.	<b>Recomendaciones</b> .....	115
<b>REFERENCIAS</b> .....		116
<b>ANEXOS</b> .....		121

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de cemento portland .....	27
Tabla 2. Tipos de cemento portland adicionado.....	27
Tabla 3. Performance de los tipos de cemento portland.....	28
Tabla 4. Tipos de aditivos .....	30
Tabla 5. Edad y tolerancias para el ensayo a compresión .....	35
Tabla 6. Diseño de investigación.....	40
Tabla 7. Matriz de clasificación de variables .....	41
Tabla 8. Matriz de operacionalización de la variable dependiente.....	42
Tabla 9. Matriz de operacionalización de la variable independiente .....	43
Tabla 10. Valores de la distribución normal estandarizada (Z).....	45
Tabla 11. Resistencia a la compresión de probetas curadas con Z Membrana Blanco a 28 días, Horna (2018).....	46
Tabla 12. Resistencias a la compresión menos el promedio de éstas, al cuadrado .....	46
Tabla 13. Cantidad total de cilindros a realizar .....	47
Tabla 14. Pruebas para el análisis de datos .....	49
Tabla 15. Esquema de la granulometría de agregados .....	53
Tabla 16. Capacidad del recipiente para P.U. de agregados.....	56
Tabla 17. Tolerancias del asentamiento .....	61
Tabla 18. Capacidad del recipiente para PU del concreto .....	62
Tabla 19. Método de consolidación según el asentamiento .....	64
Tabla 20. Número de capas requerida por espécimen cilíndrico.....	65
Tabla 21. Diámetro de la varilla y número de varillados a ser usados .....	66
Tabla 22. Granulometría del agregado fino.....	70
Tabla 23. Módulo de finura .....	71
Tabla 24. Granulometría del agregado grueso.....	72
Tabla 25. Datos para hallar el contenido de humedad del agregado fino.....	74
Tabla 26. Datos para hallar el contenido de humedad del agregado grueso .....	74
Tabla 27. Datos para hallar el PU del agregado fino.....	75
Tabla 28. Datos para hallar el PU del agregado grueso.....	75
Tabla 29. Datos para hallar la densidad específica y absorción del agregado grueso ....	77
Tabla 30. Datos para hallar el peso específico y absorción del agregado fino.....	78
Tabla 31. Tabla se asentamiento según la consistencia.....	79
Tabla 32. Elección del agua de mezclado según el TMN y asentamiento .....	80
Tabla 33. Determinación de $f'_{cr}$ cuando no hay datos para calcular S.....	80
Tabla 34. Dependencia entre la relación $a/c$ y la resistencia a la compresión del concreto .....	81
Tabla 35. Determinación del coeficiente $b/b_0$ .....	82
Tabla 36. Estimación del contenido de agregado fino.....	82
Tabla 37. Proporción de materiales por peso húmedo.....	83
Tabla 38. Proporción de materiales por peso SSS.....	84
Tabla 39. Resistencia a la compresión de probetas curadas con agua a 3 días .....	86
Tabla 40. Resistencia a la compresión de probetas curadas con SikaCem a 3 días .....	86

Tabla 41. Resistencia a la compresión de probetas curadas con Curador Membranil Reforzado a 3 días .....	86
Tabla 42. Resistencia a la compresión de probetas curadas con Z Membrana Blanco a 3 días.....	87
Tabla 43. Resistencia a la compresión de probetas curadas con Per Membrana a 3 días .....	87
Tabla 44. Resistencia a la compresión de probetas curadas con agua a 7 días .....	88
Tabla 45. Resistencia a la compresión de probetas curadas con SikaCem a 7 días .....	88
Tabla 46. Resistencia a la compresión de probetas curadas con Curador Membranil Reforzado a 7 días .....	88
Tabla 47. Resistencia a la compresión de probetas curadas con Z Membrana Blanco a 7 días.....	89
Tabla 48. Resistencia a la compresión de probetas curadas con Per Membrana a 7 días .....	89
Tabla 49. Resistencia a la compresión de probetas curadas con agua a 28 días .....	90
Tabla 50. Resistencia a la compresión de probetas curadas con SikaCem a 28 días .....	90
Tabla 51. Resistencia a la compresión de probetas curadas con Curador Membranil Reforzado a 28 días .....	90
Tabla 52. Resistencia a la compresión de probetas curadas con Z Membrana Blanco a 28 días.....	91
Tabla 53. Resistencia a la compresión de probetas curadas con Per Membrana a 28 días .....	91
Tabla 54. Caracterización del agregado fino .....	93
Tabla 55. Caracterización del agregado grueso .....	93
Tabla 56. Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , por el método ACI 211 .....	94
Tabla 57. Verificación de resultados según criterio ACI 318-19 (Curado a 3 días) .....	96
Tabla 58. Verificación de resultados según criterio ACI 318-19 (Curado a 7 días) .....	96
Tabla 59. Verificación de resultados según criterio ACI 318-19 (Curado a 28 días) .....	97
Tabla 60. Análisis e identificación del compuesto químico de curado de concreto más eficiente a 3 días .....	98
Tabla 61. Análisis e identificación del compuesto químico de curado de concreto más eficiente a 7 días .....	98
Tabla 62. Análisis e identificación del compuesto químico de curado de concreto más eficiente a 28 días .....	99
Tabla 63. Prueba de normalidad a los 3 días de curado .....	99
Tabla 64. Prueba de normalidad a los 7 días de curado .....	100
Tabla 65. Prueba de normalidad a los 28 días de curado .....	100
Tabla 66. Análisis de varianza a 3 días de curado.....	101
Tabla 67. Análisis de varianza a 7 días de curado.....	101
Tabla 68. Análisis de varianza a 28 días de curado.....	102
Tabla 69. Diferencia de resistencias promedio a la compresión del concreto según el curado a 3 días .....	102
Tabla 70. Diferencia de resistencias promedio a la compresión del concreto según el curado a 7 días .....	103

---

Tabla 71. Diferencia de resistencias promedio a la compresión del concreto según el curado a 28 días .....	103
Tabla 72. Guía de observación DMP3-01 a 3 días de curado .....	123
Tabla 73. Guía de observación DMS3-01 a 3 días de curado .....	124
Tabla 74. Guía de observación DMC3-01 a 3 días de curado .....	125
Tabla 75. Guía de observación DMZ3-01 a 3 días de curado .....	126
Tabla 76. Guía de observación DMAE3-01 a 3 días de curado .....	127
Tabla 77. Guía de observación DMP7-01 a 7 días de curado .....	128
Tabla 78. Guía de observación DMS7-01 a 7 días de curado .....	129
Tabla 79. Guía de observación DMC7-01 a 7 días de curado .....	130
Tabla 80. Guía de observación DMZ7-01 a 7 días de curado .....	131
Tabla 81. Guía de observación DMAE7-01 a 7 días de curado .....	132
Tabla 82. Guía de observación DMP28-01 a 28 días de curado .....	133
Tabla 83. Guía de observación DMS28-01 a 28 días de curado .....	134
Tabla 84. Guía de observación DMC28-01 a 28 días de curado .....	135
Tabla 85. Guía de observación DMZ28-01 a 28 días de curado .....	136
Tabla 86. Guía de observación DMAE28-01 a 28 días de curado .....	137

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Medidas de las probetas cilíndricas a ensayar.....	35
Figura 2. Procedimiento a seguir en la presente investigación.....	51
Figura 3. Curva granulométrica del agregado fino.....	71
Figura 4. Curva granulométrica del agregado grueso.....	73
Figura 5. Resistencia a la compression promedio a 3 días de curado .....	94
Figura 6. Resistencia a la compression promedio a 7 días de curado .....	95
Figura 7. Resistencia a la compression promedio a 28 días de curado .....	95
Figura 8. Matriz para evaluación de experto del instrumento de recolección de datos	121
Figura 9. Formato de guía de observación .....	122
Figura 10. Constancia de ensayos en laboratorio .....	138
Figura 11. Informe de ensayos DM-P3, a 3 días de curado.....	138
Figura 12. Informe de ensayos DM-S3, a 3 días de curado.....	138
Figura 13. Informe de ensayos DM-C3, a 3 días de curado .....	138
Figura 14. Informe de ensayos DM-Z3, a 3 días de curado .....	138
Figura 15. Informe de ensayos DM-AE3, a 3 días de curado .....	138
Figura 16. Informe de ensayos DM-P7, a 7 días de curado.....	138
Figura 17. Informe de ensayos DM-S7, a 7 días de curado.....	138
Figura 18. Informe de ensayos DM-C7, a 7 días de curado .....	138
Figura 19. Informe de ensayos DM-Z7, a 7 días de curado .....	138
Figura 20. Informe de ensayos DM-AE7, a 7 días de curado .....	138
Figura 21. Informe de ensayos DM-P28, a 28 días de curado.....	138
Figura 22. Informe de ensayos DM-S28, a 28 días de curado.....	138
Figura 23. Informe de ensayos DM-C28, a 28 días de curado .....	138
Figura 24. Informe de ensayos DM-Z28, a 28 días de curado .....	138
Figura 25. Informe de ensayos DM-AE28, a 28 días de curado .....	138
Figura 26. Hoja técnica SikaCem Curador 1/2.....	138
Figura 27. Hoja técnica SikaCem Curador 2/2.....	138
Figura 28. Hoja técnica Curador Membranil Reforzado 1/2 .....	138
Figura 29. Hoja técnica Curador Membranil Reforzado 2/2 .....	138
Figura 30. Hoja técnica Z Membrana Blanco 1/2 .....	138
Figura 31. Hoja técnica Z Membrana Blanco 2/2 .....	138
Figura 32. Hoja técnica Per Membrana 1/2 .....	138
Figura 33. Hoja técnica Per Membrana 2/2 .....	138
Figura 34. ACI 318-19 .....	138
Figura 35. Laboratorio donde se realizaron los ensayos .....	138
Figura 36. Peso de materiales según el diseño de mezcla .....	138
Figura 37. Materiales listos para cada tanda a realizar.....	138
Figura 38. Mezclado de concreto .....	138
Figura 39. Lectura de temperatura del concreto en estado fresco .....	138
Figura 40. Medida del asentamiento del concreto .....	138
Figura 41. Peso unitario del concreto .....	138

---

Figura 42. Elaboración de probetas de concreto.....	138
Figura 43. Protección de probetas cilíndricas para evitar pérdida de humedad .....	138
Figura 44. Desencofrado de probetas cilíndricas.....	138
Figura 45. Codificación de probetas cilíndricas .....	138
Figura 46. Curado de probetas cilíndricas de manera estándar .....	138
Figura 47. Compuestos químicos de curado utilizados .....	138
Figura 48. Preparación de cada compuesto químico de curado a utilizar .....	138
Figura 49. Curado de probetas cilíndricas con los diferentes compuestos químicos ...	138
Figura 50. Registro de medidas de las probetas para llenar las hojas ficha de datos ...	138
Figura 51. Ensayo de resistencia a la compresión de cada probeta cilíndrica.....	138
Figura 52. Autores de la investigación en el laboratorio Quality Control Express S.A.C. .....	138

## RESUMEN

La presente investigación fue realizada en la ciudad de Trujillo, donde se determinó la eficiencia de compuestos químicos de curado en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19, utilizando un diseño experimental puro con muestreo probabilístico M.A.S.; asimismo, la recolección de datos se efectuó mediante la técnica de la observación, el instrumento usado fue la guía de observación y las técnicas para analizar datos fueron la estadística inferencial y descriptiva; el problema se basa en que la baja resistencia a la compresión del concreto supone un riesgo a la estructura ante cualquier fenómeno natural, por lo cual se diseñó un concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando cemento Portland tipo I y agregados extraídos de la cantera Quebrada el León - El Milagro, elaborando 75 probetas cilíndricas de 10cm de diámetro x 20cm de altura, para ser curadas de manera estándar (agua) y con compuestos químicos (SikaCem Curador, Curador Membranil Reforzado, Z Membrano Blanco y Per Membrana); a edades de 3, 7 y 28 días; obteniendo al agua como mejor curador e identificando como compuesto químico de curado más eficiente a SikaCem Curador, puesto que alcanzó el mayor valor promedio de resistencia a la compresión del concreto para todas las edades respecto a los demás curadores utilizados.

**Palabras clave:** compuestos químicos, curado del concreto, resistencia a la compresión.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

El concreto es un material de construcción de gran demanda a nivel mundial con el que se desarrollan diferentes tipos de obras; por tal motivo, éste debe cumplir con las exigencias normadas de su comportamiento en estado fresco, como la consistencia; y en estado endurecido como la durabilidad y resistencia. La resistencia a la compresión es la característica mecánica principal del concreto, en donde se mide su capacidad para resistir cargas. Esta característica está sujeta a diversos factores que la afectan, como contenido de cemento, relación a/c, características de los agregados, temperatura, curado del concreto, entre otros.

En Venezuela, Hernández (2010), determina que es fundamental la realización del curado, ya que la omisión de su aplicación influye negativamente en la resistencia del concreto. Así mismo, la falta del curado altera la calidad con la que viene el concreto antes de fraguar ya que acelera la pérdida prematura de la humedad que llevaría a una insuficiencia de hidratación del concreto, por ende, no se obtiene la resistencia deseada del diseño y también aumenta la posibilidad de aparición de fisuras y fracturas.

Por su parte, en Colombia, Bolaños (2011) comenta que cuando los concretos se dejan curar al aire, pierden agua rápidamente y la resistencia a la compresión se alcanza de una forma muy lenta, mientras que, si se curan con algún producto, mejoran su comportamiento ante el agrietamiento, la resistencia, y permeabilidad de los elementos.

Un factor muy importante que influye en el proceso de curado es la temperatura, tal es así que, en España, García (2011) nos confirma la tendencia de las probetas de

hormigón a reducir la resistencia a compresión cuando están sometidas a temperaturas ambientes de extremo calor durante su primer curado en obra.

Por otro lado, en el Perú, tres años más tarde, Villegas y Corrales (2014) argumentan que no necesariamente el uso de un aditivo ayuda en la resistencia a la compresión para cualquier diseño; después de haber estudiado las ventajas económicas y de resistencia de diferentes métodos de curado de concreto.

En nuestra región también se tiene referencias, como, por ejemplo, la investigación de Jacobo (2019), quién afirma que la distribución granulométrica juega un papel importante en la resistencia del concreto, ya que si ésta es continua permite la máxima capacidad del concreto en estado fresco y una mayor densidad en estado endurecido, lo que se traduce en una mayor resistencia; asimismo asegura que la forma y textura de los agregados también influyen, por ejemplo, agregados de forma cúbica y rugosa permiten mayor adherencia de la interface matriz-agregado respecto de los agregados redondeados y lisos, aumentando la resistencia del concreto.

En nuestro país, todo lo relacionado a concreto es controlado por profesionales que a través de la conformación de Comités Técnicos de Normalización elaboran documentos (N.T.P.) que establecen las especificaciones o requisitos de calidad para la estandarización de los productos, procesos y servicios. Así mismo, a nivel internacional, lo controla el Instituto Americano del Concreto (ACI), a través de sus estándares, normas y recomendaciones técnicas; en este caso, por ejemplo, a través del ACI 318-19 que nos habla sobre el curado del concreto en el capítulo 26.5.3.2. acáp (e).

Hernández (2010), demostró que para los cilindros curados con resistencia de diseño de 210 kg/m<sup>2</sup>, a los 7 días, se obtiene una resistencia superior en un 24,50% con

respecto a los cilindros no curados, y para los 28 días, la resistencia obtenida es un 19,49% mayor.

Bolaños (2011) concluyó que, la pérdida de agua y la resistencia a la compresión es menor en probetas y cilindros que no tienen ningún tipo de curado. Además, encontró que un método que ha demostrado ser eficiente en la ausencia de la ideal inmersión en agua, es la disposición de películas de polietileno desde el propio momento del fraguado.

García (2011) concluyó en su estudio experimental, que una temperatura de 36°C durante las primeras 72 horas, provoca una disminución de resistencia a la compresión de aproximadamente un 6% en las probetas con respecto al patrón curadas de forma estándar. (probetas curadas a 20°C de temperatura). Por esa razón, varios autores sugieren trabajar con una temperatura cercana a los 20°C.

Villegas y Corrales (2014), demostraron que los concretos curados con agua tienen en promedio una resistencia a la compresión en 21 % mayor que los curados con el aditivo Sika Antisol S; para diseños entre 210 a 280 kg/cm<sup>2</sup>; además, el curado de concretos con agua tiene en promedio un costo unitario en 68 % menor que los curados con Antisol S; para resistencias entre 210 a 280 kg/cm<sup>2</sup>.

Jacobo (2019) encontró que, a los 7 días, SikaCemcurador es quien logra una mayor resistencia con 154.50 kg/cm<sup>2</sup>, luego Membranil Vista con 149.75 kg/cm<sup>2</sup> y por último el agua con 138.75 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días el agua logra una resistencia de 161.50 kg/cm<sup>2</sup>, Membranil Vista, 154.50 kg/cm<sup>2</sup> y SikaCem Curador 146.75 kg/cm<sup>2</sup>. A los 21 días el agua tiene una resistencia de 188.75 kg/cm<sup>2</sup>, Membranil Vista, 167.75 kg/cm<sup>2</sup> y SikaCem Curador 165.75 kg/cm<sup>2</sup>. Por último, a los 28 días, el agua otorgó una resistencia de 204 kg/cm<sup>2</sup>, seguido por el curador SikaCem Curador con 180.25 kg/cm<sup>2</sup>, y finalmente el curador Membranil Vista con 170.5

kg/cm<sup>2</sup>; concluyendo que el agua otorga mayor resistencia a la compresión del concreto.

Según lo visto en las investigaciones anteriores, se puede notar que para alcanzar la resistencia a la compresión deseada debemos tener en cuenta diferentes factores como la granulometría de los agregados, la temperatura, etc.; sin embargo, el que más interviene es el curado, ya que los autores demuestran la diferencia entre testigos que fueron curados respecto a los que no lo fueron; adicionalmente podemos rescatar que la temperatura influye en el proceso de curado, por esa razón, se nos sugiere trabajar a una temperatura cercana a los 20°C.

Grupo Sika es una empresa de productos químicos especializados con una posición de liderazgo en el desarrollo y producción de sistemas y productos para pegar, sellar, amortiguar, reforzar y proteger en el sector de la construcción y la industria de vehículos de motor. (Sika, 2020).

Sika (2009) comenta que el curado, según el ACI 308 R, 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. Así mismo, el agua de curado no debe estar a una temperatura tal que cree al aplicarla un choque térmico al concreto, pues puede figurarlo. Se recomienda que el agua no esté a una temperatura inferior en 11° C a la temperatura de la masa del concreto.

Chema es la empresa peruana pionera en la fabricación de aditivos y productos para la construcción, industria y minería, cuya innovación y calidad de sus productos le ha merecido el reconocimiento del mercado nacional, manteniendo su liderazgo por más de 50 años. (Chema, 2020).

Chema (2012) define un curador como un producto que retarda la deshidratación del concreto por efecto de exudación, generando una retención del 95% del agua del concreto, evitando tener que curarlo consecutivamente.

Aditivos Especiales S.A.C. es una empresa 100% peruana que se dedica a la fabricación y comercialización de aditivos y morteros para la construcción, así como también a la comercialización de selladores de junta Dynatred de la marca Pecora Corporation, y los aditivos impermeabilizantes por cristalización de la marca PENETRON, ambos de procedencia Norte Americana reconocidos a nivel mundial. (Aditivos Especiales S.A.C., 2016).

Aditivos Especiales S.A.C. (2013) comenta que el curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que este pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla, también nos dice que, se aplican los curadores químicos tan pronto haya desaparecido el agua superficial del concreto fresco. En el lado de superficies verticales aplicar inmediatamente después de retirar el encofrado.

Actualmente, en la ciudad de Trujillo y en todo el país, la mayor parte de las construcciones ejecutadas y en ejecución, no cumplen con los estándares de calidad del concreto en estado fresco y endurecido; esto debido a que las obras se realizan por autoconstrucción de manera informal, generando un sinnúmero de problemas por falta de conocimiento y/o recursos. Espinosa (2017), manifiesta que el 70% de las viviendas construidas en Lima y, por consiguiente, una proporción de un poco más alta en el resto del país son construidas sin pasar por ningún proceso formal. La baja resistencia a la compresión del concreto es uno de los problemas más frecuentes en la construcción, puesto que, la mezcla de concreto se diseña para producir una resistencia promedio superior a la resistencia especificada de manera tal que se pueda

minimizar el riesgo de no cumplir la especificación de resistencia. (Cemex Perú, 2019). De esta forma es que Sánchez (2001), define a la resistencia a la compresión como la característica mecánica principal del concreto, dada la importancia que reviste esta propiedad dentro de una estructura convencional del concreto reforzado. Siendo esta propiedad, el problema principal de la presente investigación, pudiéndose generar a causa de un mal cálculo en el diseño de mezcla, influencia de los agregados, la temperatura, el fraguado del concreto, el curado del mismo, entre otros; dándose por falta de conocimiento por parte de los involucrados, por ejemplo, cuando no se sigue el proceso constructivo correcto respecto a las normativas vigentes; o como en la mayoría de casos, por falta de ética y compromiso con el trabajo. De las distintas operaciones necesarias para la ejecución de un elemento de hormigón, el proceso de curado es una de las más importantes por su influencia decisiva en la resistencia y demás cualidades del hormigón resultante. (Rangel & Santos, 2019).

En la investigación de la presente tesis se pretende medir la eficiencia de diferentes compuestos químicos de curado del concreto (SikaCem Curador, Curador Membranil Reforzado, Per Membrana y Z Membrana Blanco), respecto a un curado hídrico, a través del ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos a las edades de 3, 7 y 28 días; contrastando resultados según lo estipulado en el ACI 318-19 y poder concluir si todos o alguno de los curadores usados cumple con el criterio de la norma mencionada, siendo calificados por ésta como método de curado adecuado. El ACI 318-19 califica como procedimiento de protección y curado adecuado del concreto, si se cumple con uno de sus dos parámetros, el primero es que la resistencia promedio de los cilindros curados en la obra, a la edad de ensayo designada para determinar  $f'_c$  debe ser al menos igual al 85% de la resistencia de cilindros compañeros curados en forma estándar; el segundo parámetro es que la resistencia

promedio de los cilindros curados en la obra, a la edad de ensayo establecida exceda  $f'_c$  en más de 3.5 Mpa. (ACI 318, 2019). Las consecuencias de no hacer esta investigación son, en primer lugar, que no se encontrará como medir la eficiencia de los compuestos químicos de curado del concreto bajo el criterio ya mencionado, mediante la resistencia a la compresión de testigos cilíndricos a edades de ensayo designadas. Por otra parte, esta investigación no podrá ser tomada como referencia para estudios posteriores, siendo este punto muy importante ya que a la fecha no existe antecedentes previos.

## 1.2. Antecedentes de la investigación

### *“Influencia del curado del concreto con aditivos químicos en la resistencia a la compresión y permeabilidad de mezclas de concreto convencional”*

Aguilar (2019), tuvo como objetivo determinar la influencia de los aditivos químicos curadores de la marca Sika Antisol S, Super Curador Chema y Per Kurevista con un curado por inmersión en agua en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto convencional. Se desarrolló una metodología experimental pura, porque a partir de los análisis del objeto de estudio, demuestra con hechos la verificación de las hipótesis planteadas; además, se evaluó el comportamiento, antes y después de haberlo curado al concreto y se comprobó el mejoramiento con distintos curadores. Para ello se realizó especímenes cilíndricos lo cual fueron curados con diferentes tipos de curadores ya mencionados anteriormente y estos se analizaron en 3, 7 y 28 días. Se observaron los resultados obtenidos en los ensayos de compresión, dando como resultado que a los 3 y 7 días, los testigos cilíndricos que fueron curados por inmersión en agua sobrepasan a los especímenes curados por medio de los curadores químicos. De la misma forma, a los 28 días, las probetas que estuvieron inmersas en agua tienen una mejor resistencia, debido a que, al estar en todo momento en contacto

con el agua, llega a saturarse completamente, haciendo que el concreto sea más denso en su interior, dando una resistencia de 301kg/cm<sup>2</sup>, que viene a ser el concreto patrón, Sika AntiSol S con una resistencia de 280kg/cm<sup>2</sup> el Super Curador Chema con 270kg/cm<sup>2</sup> y finalmente el curador Per Kurevista con 266kg/cm<sup>2</sup>. Así mismo en los resultados de la absorción final de los testigos cilíndricos (superior a 6 horas), se muestra que todos especímenes curados con los curadores químicos tienen mayor absorción capilar, debido a que su aplicación es por aspersión y es en la parte superficial de la estructura, por lo que, a diferencia de las probetas inmersas en agua, su curado es constante debido a que están en contacto permanente con el agua. Se concluyó que los testigos cilíndricos curados por los curadores químicos, han obtenido una menor resistencia a la compresión que el concreto patrón inmerso en agua. (p.57).

Este estudio nos aporta que el uso de compuestos químicos de curado no necesariamente nos dará resistencias mayores que un curado estándar. Como podemos observar en sus resultados, los especímenes que estuvieron inmersas en agua tienen mayor resistencia a la compresión que los curados con Sika Antisol S, Super Curador Chema y Per Kurevista. Sin embargo, aún pueden cumplir con uno de los dos requerimientos del ACI 318-19 que se trata de llegar a una resistencia al menos igual al 85% de los curados en forma estándar.

***“Influencia del curado del concreto con agua y curado artificial en la resistencia a la compresión del concreto”***

Jácomo (2019), se planteó como objetivo determinar la influencia del curado de concreto con agua y curado artificial en la resistencia a la compresión del concreto. Esto se basa en el estudio de la resistencia a compresión del concreto aplicando diferentes tipos de curadores como aditivos químicos (SikaCem Curador y

Membranil Vista) y agua, el concreto debido a su resistencia, versatilidad, durabilidad y economía del concreto, se elaboraron las probetas de concreto en laboratorio, considerando 16 probetas por tipo de curador que son: SikaCem Curador, Membranil Vista, y Agua. Se aplicó el curado de probetas de concreto a los siete, catorce, veintiuno y veinte ocho días. Se aplicó un diseño experimental arreglo en franjas, Análisis de Varianza y Comparación de medias (DUNCAN) que consistió en realizar probetas de concreto con un diseño de mezclas de 210 Kg/cm<sup>2</sup>. Se obtuvo resultados donde se indica que a los 28 días de la edad del concreto el agua alcanza la máxima resistencia de compresión de concreto con 204 Kg/cm<sup>2</sup>, SikaCem Curador 180.25 kg/cm<sup>2</sup> y el Curador Membranil Vista 170.50 kg/cm<sup>2</sup>. Se concluye que el agua otorga mayor resistencia a la compresión del concreto. También según el análisis estadístico se encontró que utilizando agua para el curado si existe una diferencia significativa con una probabilidad del 0.05 respecto a los otros curadores (SikaCem Curador y Membranil Vista) y que en los 28 días de edad del concreto hay diferencia significativa con una probabilidad del 0.05 respecto de los demás días, así mismo nos indica que la mayor resistencia del concreto se consigue utilizando agua en el curado, con respecto a los otros curadores (SikaCem Curador y Membranil Vista). (p. 60).

Este estudio, al igual que el anterior, es de suma importancia para nuestra investigación, ya que nos demuestra que al usar un compuesto químico no necesariamente va a dar mayor resistencia, así, los concretos curados con agua tienen una resistencia mayor con respecto a los otros curadores (SikaCem Curador y Membranil Vista).

***“Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con agregados de la cantera Taclán, curados con agua y Antisol S”***

Villegas y Corrales (2014), consideraron como objetivo determinar la influencia de la forma del curado (agua o Antisol S), en la resistencia a compresión del concreto y el costo unitario para realizarlo. La metodología utilizada fue experimental mediante ensayos de briquetas de concreto usando la máquina de compresión uniaxial a través de la cual se aplica carga hasta que colapsa la briqueta, con lo cual se calcula la resistencia a la compresión (ASTM C-39). Con base a las características físicas de los agregados, se ha diseñado mezclas de concreto para resistencias a la compresión de 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>, empleando el método del Instituto Americano del Concreto, se elaboró briquetas, se ensayó en el laboratorio mediante la máquina de carga uniaxial y se ha realizado el análisis de costos unitarios. Se reporta que, concretos curados con agua tienen resistencias a la compresión de 21 % mayores y costos unitarios de 68 % menores que los curados con Antisol S. Después de realizar sus estudios concluyen que los concretos curados con agua tienen en promedio una resistencia a la compresión mayor en 39.22 kg/cm<sup>2</sup> que los curados con antisol s, representando el 21% para resistencias entre 210 a 280 kg/cm<sup>2</sup>. (p. 9).

Este estudio, de la misma forma, aporta en nuestra investigación ya que demuestra que al usar un compuesto químico no necesariamente va a dar una mejor resistencia, en este caso, los concretos curados con agua tienen una resistencia promedio mayor que con aditivos Sika Antisol S.

***“Evaluación de la resistencia a la compresión del curado de concreto en obra y laboratorio”***

Loya (2018), tuvo por objetivo evaluar la resistencia a la compresión del curado de concreto en obra y laboratorio. La presente investigación es del tipo experimental donde se fabricaron 24 probetas de 15cm x 30cm, para ser curadas bajo los respectivos métodos de curado de concreto en obra y en laboratorio, probetas curadas

con aditivo Membranil Curador, probetas curadas con agua mediante rociadores, probetas curadas con telas o yutes, probetas curadas con el medio ambiente y probetas curadas por inmersión en agua, pues para luego evaluar el comportamiento de la resistencia a la compresión. Las probetas fueron curadas durante todo el día, según era el caso y expuestas a las mismas condiciones climatológicas. Obteniendo como resultado a los 28 días de curado en obra la resistencia a la compresión promedio de los curados de concreto son: rociado con agua 398.39 kg/cm<sup>2</sup>, cubierto con manta húmedo 381.95 kg/cm<sup>2</sup> y Membranil curador 342.47 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las curadas en laboratorio: sumergido en agua, obtienen una resistencia de 459.32 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo que el curado realizado en el laboratorio alcanza resistencias superiores a los curados realizados en obra. Así mismo también las probetas curadas en base al aditivo curador membranil no resulta ser más efectiva que las probetas curadas en base al agua, teniendo, así como alternativa más efectiva a un mejor curado del concreto, el curado en base de agua. (p.116).

Este estudio nos brinda como aporte, los comportamientos mecánicos de los testigos, haciendo una diferencia entre los curados en obra y los curados en laboratorio, de esta manera podemos tener una idea de cómo es que influyen estos curadores en la resistencia a la compresión del concreto. Así mismo nos da a conocer que las resistencias bajas fueron de las probetas curadas en obra, es decir, a las que se le agregó un componente diferente al agua; al igual que los antecedentes previos.

***“Influencia de los tipos de curadores en concretos con plastificante, retardante y acelerante; sobre la compresión y sorptividad”***

Luna (2020), consideró como objetivo determinar la influencia de los tipos de curadores de la marca Curet Z, Per Kuret y MasterKure 220 WB en concretos con plastificante, retardante y acelerante; sobre la resistencia a la compresión y

sorptividad. Se utilizó un diseño experimental, el muestreo fue probabilístico con una población de 308 probetas, para el ensayo de resistencia a la compresión 256 probetas de  $\varnothing$  10 x 20 cm que se dividen en 4 grupos de 64 probetas para concretos sin aditivo, con plastificante, con retardante y acelerante, para sorptividad 48 probetas de  $\varnothing$  10 x 5cm, la recolección de datos se realizó con la técnica de la observación, el instrumento utilizado fue la técnica de toma de apuntes, para analizar los datos se empleó la inferencia estadística, el problema es que el curado tradicional en obra no satisface las condiciones mínimas que el concreto necesita para desarrollar sus propiedades. En cuanto a los resultados, la mayor resistencia lo obtuvo Masterkure 220 WB en concretos sin aditivos con 348 kg/cm<sup>2</sup> y con plastificante 403 kg/cm<sup>2</sup>; Per kuret para concretos con retardante 375 kg/cm<sup>2</sup> y acelerantes con 356 kg/cm<sup>2</sup>; para sorptividad se obtuvo como resultado que las probetas cilíndricas curadas por inmersión en agua, poseen menor absorción capilar, porque su curado permite generar mayor tiempo de hidratación al concreto, a diferencia de los curadores que al evaporarse el agua del concreto se genera una red de poros que permite una mayor absorción capilar. Concluyendo que, si en un proyecto lo que se estima es la resistencia a la compresión, los resultados mostrados en esta investigación nos brindan información que los curadores trabajan muy bien con esta propiedad mecánica del concreto. (p.87).

Esta investigación nos dice que en efectos de compresión el uso de compuestos químicos como curadores si satisfacen los requerimientos, siendo esta información importante para nuestro estudio, ya que ésta se enfoca en medir la eficiencia de los compuestos químicos de curado del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19.

***“Influencia de los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto sobre la resistencia a compresión”***

Horna (2018), se planteó por objetivo evaluar la influencia de los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto sobre la resistencia a compresión. Se desarrolló una metodología experimental donde se realizó el ensayo del concreto en estado endurecido (resistencia a compresión), para lo cual se elaboraron 192 probetas cilíndricas de concreto de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, los cuales fueron ensayados a 3, 7, 14 y 28 días de curado ASTM C31 y ASTM C39. Se recopilaron datos de resistencia a compresión donde se evalúa la mejor dosificación de cada curador a los 28 días, dando valores en porcentajes respecto al curado por inmersión en agua + cal: curado con Eucocure tuvo un valor de 89.40%, curado con Sika Antisol S logro un porcentaje de 90.11%, el curador Z membrana blanco alcanzo un valor de 103.18%, el curador Membranil reforzado obtuvo un valor de 104.95% superando estos 2 últimos curadores químicos al curado patrón, también se aplicó un curado tipo obra el cual arrojó un porcentaje de 95.41% y por último el método sin curado obtuvo un valor de 75.97 %. Concluyendo que el mejor resultado lo tuvo el curado con curador Membranil reforzado de la marca Chema y el valor más bajo con el método sin curar, cabe resaltar que la conformación de dicha investigación se realizó en los meses de Mayo – Junio y que todas las resistencias obtenidas a 28 días con los métodos de curado cumplen con el diseño. (p. 104).

Este estudio aporta a nuestra investigación, ya que nos dice que es de suma importancia realizar el curado del concreto y, sobre todo, hacerlo de manera correcta utilizando diferentes métodos, ya sea con agua o agregando algún compuesto químico, siendo éstos, unos más eficientes que otros. Para ello, debemos tener en cuenta sus ventajas y desventajas, por ejemplo, donde nos dice que, al agregar más

de 1 capa en 3 de sus 4 aditivos estudiados, estaremos perjudicando la resistencia a la compresión, por eso es importante la revisión de la ficha técnica del producto.

También podemos rescatar que la temperatura influye en el proceso de curado, por esa razón, se nos sugiere trabajar a una temperatura cercana a los 20°C.

***“Estudio de la influencia de los tipos de curado en concretos de alta resistencia”***

Vargas & Vílchez (2019), tuvieron por objetivo determinar la influencia que ejerce el curado en los concretos de alta resistencia. La metodología fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y longitudinal; el nivel de investigación es explicativo, con un diseño de investigación Experimental. En relación a la población y muestra, se determinó a la población como infinita y la muestra fue de 126 especímenes de concreto de dimensiones 4” x 8” según diseño de mezcla. Los tipos de curado aplicados son de inmersión, aspersion y químico con 39 especímenes cada uno, y, el autógeno (curado acelerado) con 9 especímenes; con los cuales, según la aplicación de ensayos a la compresión efectuados desde el día 1 al 28. Según resultados obtenidos, se observa que el curado por inmersión alcanza un promedio de resistencia a la compresión máxima de 590 kg/cm<sup>2</sup>; convertido en MPa significa un promedio de 57.9 MPa. El curado por aspersion alcanza un promedio de resistencia a la compresión máxima de 533 kg/cm<sup>2</sup>; convertido en MPa significa un promedio de 52.2 MPa. Para el curado químico, se observa alcanza un promedio de resistencia a la compresión máxima de 501 kg/cm<sup>2</sup>; convertido en MPa significa un promedio de 49.1 MPa. El curado autógeno es un tipo de curado acelerado; sin embargo, alcanza muy buenos resultados de resistencia a la compresión, alcanza un promedio de 437 kg/cm<sup>2</sup>; convertido en MPa significa un promedio de 42.8 MPa. Donde concluye que cada tipo de curado influye positivamente en la resistencia del concreto de alta resistencia, superando los rangos del parámetro de diseño de mezcla y finalmente se

determina al curado por inmersión como el que asegura el mejor comportamiento de los concretos de alta resistencia, logrando a 28 días un promedio de resistencia a la compresión máxima de 595 kg/cm<sup>2</sup> lo que equivale a 57.9 MPa. (p. 42).

La investigación efectuada aplicando diversos métodos de curado, nos deja como aporte la incidencia e influencia positiva de cada tipo de curado en el comportamiento de los concretos, superando los rangos del parámetro de diseño. Siendo ésta una información importante ya que en nuestra investigación también usaremos diferentes métodos de curado como inmersión y aspersion.

### **1.3. Bases teóricas**

#### **1.3.1. Concreto**

El concreto (hormigón) es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada piedra machacada, pedrejón), creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese & Tanesi, 2004).

##### **1.3.1.1. Componentes del concreto.**

###### **a) Cemento Portland**

Es un producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2019).

Tabla 1.

*Tipos de cemento portland*

<b>Cemento portland</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
I	Uso general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.
II	Uso general, moderada resistencia a los sulfatos.
II (MH)	Uso general, moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.
III	Alta resistencia inicial.
IV	Bajo calor de hidratación.
V	Alta resistencia a los sulfatos.

Fuente: NTP.334.009 (2013)

Tabla 2.

*Tipos de cemento portland adicionado*

<b>Cemento Portland Adicionado</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
IS	Cemento Portland con escoria de alto horno, para uso en construcciones de concreto en general, con 3 opciones: moderada resistencia a los sulfatos, retención de aire, o moderado calor de hidratación.
IP	Cemento Portland Puzolánico, para uso en construcciones de concreto en general.
I(PM)	Cemento Portland Puzolánico mejorado, para uso en construcciones de concreto en general.
IT	Cemento adicionado ternario.
ICo	Cemento Portland compuesto, obtenido por pulverización conjunta de Clinker Portland, materias calizas y/o inertes hasta un máximo de 30%.

Fuente: NTP.334.090 (2011)

Tabla 3.

*Performance de los tipos de cemento portland*

<b>Cemento Portland – Especificación de la Performance</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
GU	Cemento Portland para construcciones generales. Usar cuando no se requieran propiedades especiales.
HE	De alta resistencia inicial.
MS	De moderada resistencia a los sulfatos.
HS	De alta resistencia a los sulfatos.
MH	De moderado calor de hidratación.
LH	De bajo calor de hidratación.
Opción R	De baja reactividad con agregados reactivos álcali-sílice.

Fuente: NTP.334.082 (2008)

**b) Agua**

Es un ingrediente fundamental en la elaboración de concreto debido a que desempeña una función importante en estado fresco y endurecido. Generalmente existe la creencia que si el agua es apta para beber, es óptima para hacer concreto, sin embargo, esto no es del todo cierto, pues algunos acueductos o plantas de tratamiento de agua, utilizan o adicionan para el consumo sustancias que pueden interferir con el fraguado del cemento, o pueden promover la corrosión del refuerzo o manchar el concreto, tales como, sulfatos de aluminio, cloro sabores artificiales, flúor, azúcares, etc. Así mismo, un agua apta para mezclar o curar concretos puede no ser necesariamente buena para tomar. Cuando el agua para una obra proviene de un pozo, es necesario analizarla para comprobar que el pH no varía a través del tiempo. (Terrones & Carbajal, 2016).

**c) Agregados**

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP.400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que

están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto. (Bustamante & Diaz). Los agregados deben cumplir con algunas normas para que su uso en ingeniería se optimice: deben ser partículas limpias, duras, resistentes, durables y libres de productos químicos absorbidos, revestimiento de arcilla u otros materiales finos en cantidades que puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregados friables (disgregables, deleznales o desmenuzables) o capaces de rajarse son indeseables. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese & Tanesi, 2004). Los agregados se dividen en agregados gruesos y agregados finos.

- **Agregado fino**

Es el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz normalizado 75  $\mu$ m (N° 200). (NTP.400.037, 2014).

- **Agregado grueso**

Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca. (NTP.400.037, 2014).

- Tamaño máximo: Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso. (NTP.400.037, 2014).
- Tamaño máximo nominal: Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre 5 % y 10 %. (NTP.400.037, 2014).
- Análisis granulométrico: El agregado grueso deberá cumplir con los requisitos de la normativa vigente, la NTP.400.037, 2014.

#### d) Aditivos

Los aditivos son químicos que se agregan al concreto en la etapa de mezclado para modificar algunas de las propiedades de la mezcla que nunca deben ser considerados un sustituto de un buen diseño de mezcla, de buena mano de obra o del uso de buenos materiales. (Umiri, 2018).

Tabla 4.

*Tipos de aditivos*

<b>Tipo de Aditivo</b>	
A	Aditivos reductores de agua.
B	Aditivos retardadores.
C	Aditivos acelerantes.
D	Aditivos reductores de agua y retardadores.
E	Aditivos reductores de agua y aceleradores.
F	Aditivos reductores de agua, de alto rango.
G	Aditivos reductores de agua, de alto rango, y retardadores.

Fuente: ASTM C494 (2008)

#### 1.3.2. Curado del concreto

El curado se define como el proceso de controlar y mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto, durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que se desarrollen en el concreto las propiedades deseadas. (Silva, 2020). El período de curado comienza en la colocación y continúa hasta que se hayan desarrollado las propiedades de hormigón deseadas. La etapa de curado consiste en mantener un contenido satisfactorio de humedad y temperatura en el concreto recién colocado, de manera que puede desarrollar las propiedades deseables de resistencia y durabilidad deseadas. Muy raras veces el concreto se deposita en ambientes adecuados de humedad y temperatura controlada, de manera que será necesario crear estas

condiciones durante la fijación, fragua y endurecimiento del concreto. (ACI 308R, 2016).

### **1.3.2.1. Tipos de curado.**

#### **a) Curado con agua**

Cuando se elige este sistema se debe considerar la economía, pues la disponibilidad del agua, mano de obra, materiales de curado, influirán en el costo. La cubierta de agua será continua y completa, el agua libre de sustancias deletéreas o de otras que ataquen o manchen al concreto. (Callomamani, 2019). El agua de curado no debe estar a una temperatura tal que cree al aplicarla un choque térmico al concreto, pues puede fisurarlo. Se recomienda que el agua no esté a una temperatura inferior en 11oC a la temperatura de la masa del concreto (Sika, 2009).

#### **• Curado por inmersión**

La normativa ACI 308R (2016) nos dice que, “es el método que produce mejores resultados, aunque presenta inconvenientes de tipo práctico, pues implica inundar o sumergir completamente el elemento de concreto”.

#### **• Rociado de niebla o aspersión**

El ACI 308R (2016) afirma que, “proporciona un excelente curado, no hay que preocuparse del consumo de agua o del costo de recirculación. Debe ser continua el uso de mangueras con boquilla, es útil para superficies verticales siempre que no exista peligro de erosión”.

#### **b) Coberturas húmedas**

Se aplica con el uso de costales, carpetas de yute o algodón ya que éstos tienen la propiedad de mantener la humedad por un periodo determinado, terminado ésta se tendrá que humedecer periódicamente hasta el tiempo necesario de curado. (ACI 308R, 2016).

**c) Curado con tierra**

La normativa ACI 308R (2016) nos dice que, “se usa con éxito en losas y pisos pequeños, la tierra estará libre de partículas mayores de 1" y de cantidades peligrosas de materia orgánica”.

**d) Materiales sellantes**

• **Película de plástico**

El ACI 308R (2016) afirma que, “son materiales livianos y se extienden fácilmente en superficies horizontales y verticales; su uso es complejo”.

• **Papel impermeable**

Su uso es similar al de las películas de plástico. Cuando se usa papel para cubrir placas debe proveerse cierta holgura para que sobresalga de las mismas; además; se hace necesario colocar en los bordes materiales pesados (arena, tablas, etc.) para evitar que el viento lo desplace. (ACI 308R, 2016).

• **Compuesto para curado**

En ésta se encuentran los compuestos líquidos de curado que forman membrana que deben cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C 309 (2003). Dichos compuestos deben estar diseñados de tal manera que formen un sello poco tiempo después de haber sido aplicados y no deben reaccionar con la pasta de cemento. (ACI 308R, 2016).

Los siguientes compuestos son los que usaremos en la presente tesis:

- SikaCem Curador: Es un compuesto de curado que al ser pulverizado sobre el concreto fresco se adhiere a la superficie de éste (concreto), formando una película impermeable al agua y al aire, evitando la evaporación del agua de la mezcla y el secado prematuro del concreto por efectos del sol y/o viento; además tiene como referencia la norma NICC Ed. 1 Norma Internacional de control de calidad. (Sika, 2014).

- Curador Membranil Reforzado: Es un curador tipo membrana para climas templados, suministrado por la empresa Chema. Este producto cumple con las especificaciones de la norma ASTM C 309 (2003), Tipo I-D. (Chema, 2020).
- Z Membrana Blanco: Es un curador de color blanco o transparente que evita la evaporación del agua en el concreto. Cumple con las normas ASTM C309, ASTM C 156, TIPO 1 D, TIPO 2, CLASE A. No contiene polímeros. (Z Aditivos, 2016).
- Per Membrana: Es un compuesto líquido económico para curado de concreto color blanco, rojo momentáneo y/o transparente cuya aplicación forma una película impermeable y sellante que retiene la evaporación del agua al máximo y permite lograr las resistencias diseñadas, además es especial cuando esta pigmentado en color blanco o rojo porque guía al operario en su perfecta aplicación. Retención de agua: Mayor al 95% a los 7 días de fraguado. (Aditivos Especiales, 2019).

### ***1.3.3. Diseño de Mezcla***

El proporcionamiento de mezclas de concreto, más comúnmente llamado diseño de mezclas, es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí: a) Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos). b) Determinación de sus cantidades relativas “proporcionamiento” para producir un, tan económico como sea posible, concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada. Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular los cuales a su vez dependerán de la aplicación particular del concreto. También podrían ser considerados otros criterios, tales como minimizar la contracción y el asentamiento o ambientes químicos especiales. (Laura, 2006).

### **1.3.3.1. Método ACI 211.**

Los pasos a seguir para el diseño de mezclas por este método son los siguientes:

- a) Elección del asentamiento (especificado).
- b) Elección del TMN y TM del agregado grueso.
- c) Cálculo del agua de mezcla y el contenido de aire.
- d) Selección de la relación a/c ó a/mc.
- e) Cálculo del contenido de cemento.
- f) Estimación del contenido de agregado grueso.
- g) Estimación del contenido de agregado fino.
- h) Ajustes por humedad de los agregados.
- i) Ajustes en las mezclas de prueba.

### **1.3.4. Propiedades Mecánicas**

#### **1.3.4.1. Resistencia a la compresión.**

La resistencia a la compresión es la característica mecánica principal del concreto, dada la importancia que reviste esta propiedad dentro de una estructura convencional del concreto reforzado, (Mario, 2008). La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide tronando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión. (IMCYC, 2006). El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad que se encuentra en un rango prescrito hasta la falla. La resistencia a la compresión del espécimen es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección transversal del espécimen. La máquina de ensayo será de un tipo con capacidad conveniente suficiente y capaz de proveer una velocidad de carga continua y sin impacto, por otro lado, los especímenes no

serán ensayados si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2 %, esto puede ocurrir cuando el uso de un molde simple ha sido dañado o deformado durante el transporte, cuando se usan moldes simples flexibles estos se deforman durante el moldeo o cuando una extracción es defectuosa o en cambios durante la extracción.. (NTP.339.034, 2015).

Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturados dentro el tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

Tabla 5.

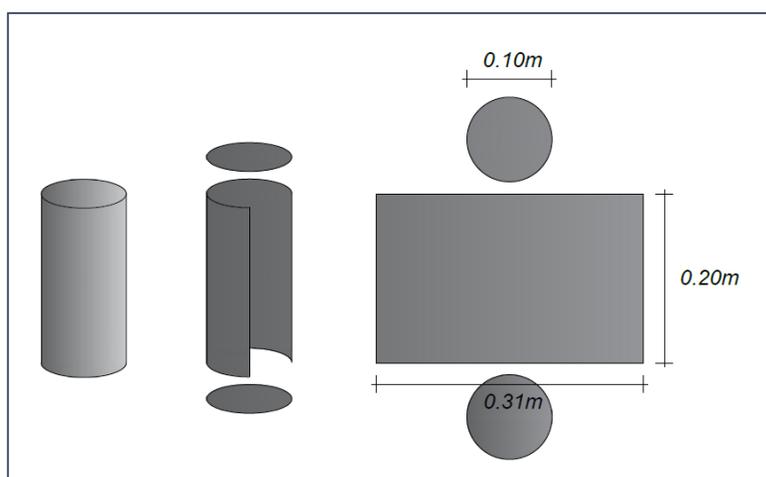
*Edad y tolerancias para el ensayo a compresión*

<b>Edad de ensayo</b>	<b>Tolerancia permisible</b>
24h	± 0,5 h ó 2,1 %
3d	± 2 h ó 2,8 %
7d	± 6 h ó 3,6 %
28d	± 20 h ó 3,0 %
90d	± 48 h ó 2,2%

Fuente: NTP.339.034 (2015)

Figura 1.

*Medidas de las probetas cilíndricas a ensayar.*



Fuente: Propia

- **Factores que inciden en la resistencia**

- Contenido de cemento: El cemento es el material más activo de la mezcla de concreto, por tanto, sus características y sobre todo su contenido (proporción) dentro de la mezcla tienen una gran influencia en la resistencia del concreto a cualquier edad. A mayor contenido de cemento se puede obtener una mayor resistencia y a menor contenido la resistencia del concreto va a ser menor. (Osorio, 2019).
- Relación agua-cemento: La resistencia del concreto completamente compactado, a una edad dada, es inversamente proporcional a la relación agua-cemento, es decir, si la relación agua-cemento aumenta, la resistencia del concreto disminuye. (Osorio, 2019).
- Influencia de los agregados: La distribución granulométrica juega un papel importante en la resistencia del concreto, ya que si esta es continua permite la máxima capacidad del concreto en estado fresco y una mayor densidad en estado endurecido, lo que se traduce en una mayor resistencia. La forma y textura de los agregados también influyen. Agregados de forma cúbica y rugosa permiten mayor adherencia de la interface matriz-agregado respecto de los agregados redondeados y lisos, aumentando la resistencia del concreto. Sin embargo, este efecto se compensa debido a que los primeros requieren mayor contenido de agua que los segundos para obtener la misma manejabilidad. La resistencia y rigidez de las partículas del agregado también influyen en la resistencia del concreto. (Osorio, 2019).
- Tamaño máximo del agregado: Antes de entrar a mirar cómo influye el tamaño máximo en la resistencia del concreto, se debe mencionar el término “eficiencia del cemento” el cual se obtiene de dividir la resistencia de un concreto por su contenido de cemento. Recientes investigaciones sobre la influencia del tamaño máximo del agregado en la resistencia del concreto concluyen lo siguiente: Para concretos de alta

resistencia, mientras mayor sea la resistencia requerida, menor debe ser el tamaño del agregado para que la eficiencia del cemento sea mayor. Para concretos de resistencia intermedia y baja, mientras mayor sea el tamaño del agregado, mayor es la eficiencia del cemento. (Osorio, 2019).

- Fraguado del concreto: Otro factor que afecta la resistencia del concreto es la velocidad de endurecimiento que presenta la mezcla al pasar del estado plástico al estado endurecido, es decir el tiempo de fraguado. Por tanto, es muy importante su determinación. (Osorio, 2019).
- Edad del concreto: En general, se puede decir que a partir del momento en que se presenta el fraguado final del concreto, comienza realmente el proceso de adquisición de resistencia, el cual va aumentando con el tiempo. Con el fin de que la resistencia del concreto sea un parámetro que caracterice sus propiedades mecánicas, se ha escogido arbitrariamente la edad de 28 días como la edad en la que se debe especificar el valor de resistencia del concreto. (Osorio, 2019).
- Curado del concreto: El objeto del curado es mantener tan saturado como sea posible el concreto para permitir la total hidratación del cemento; pues si está no se completa la resistencia final del concretos se disminuirá. (Osorio, 2019).
- Temperatura del concreto: La temperatura es otro de los factores externos que afecta la resistencia del concreto, y su incidencia es la siguiente: Durante el proceso de curado, temperaturas más altas aceleran las reacciones químicas de la hidratación aumentando la resistencia del concreto a edades tempranas, sin producir efectos negativos en la resistencia posterior. Temperaturas muy altas durante los procesos de colocación y fraguado del concreto incrementan la resistencia a muy temprana edad, pero afectan negativamente la resistencia a edades posteriores, especialmente después de los 7 días, debido a que se da una hidratación superficial de los granos de

cemento que producen una estructura físicamente más pobre y porosa. (Osorio, 2019).

- Contenido de aire: Teóricamente se sabe que, a mayor cantidad de aire existente en un espécimen de concreto, mayor cantidad de poros existentes y a mayor cantidad de poros, menor resistencia a la compresión.
- Tipo y dosificación del aditivo: La adición de los aditivos en el concreto es un factor que actualmente es muy común, sin embargo, el efecto que causa en sus propiedades mecánicas no siempre es positivo, depende en ocasiones de la dosificación (%) en su aplicación.

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es la eficiencia de los compuestos químicos de curado en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19 en Trujillo, 2020?

#### **1.5. Objetivos**

##### ***1.5.1. Objetivo general***

Determinar la eficiencia de los compuestos químicos de curado en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318 – 19, Trujillo 2020.

##### ***1.5.2. Objetivos específicos***

O.E.1. Realizar la caracterización de agregados.

O.E.2. Realizar un diseño de mezcla con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y 3”-4” de asentamiento teórico.

O.E.3. Determinar la resistencia a la compresión del concreto mediante probetas cilíndricas curadas a edades de 3, 7 y 28 días.

O.E.4. Determinar si los resultados de resistencia a la compresión cumplen con lo estipulado en los requisitos enfocados del ACI 318 – 19.

O.E.5. Analizar los resultados de resistencia a la compresión e identificar el compuesto químico de curado de concreto más eficiente.

O.E.6. Realizar la prueba de hipótesis y determinar si los compuestos químicos de curado tienen efecto positivo en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

Los compuestos químicos de curado tienen efecto positivo en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19, en el distrito de Trujillo, 2020.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

#### **2.1.1. Según el propósito**

Se trata de una investigación aplicada o también conocida como práctica, porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquirieron en una investigación básica, para poder contrastarla con la investigación a realizarse.

#### **2.1.2. Según el diseño**

La presente investigación según el diseño es de tipo experimental, pues existe manipulación de la variable independiente, siendo ésta los compuestos químicos de curado, donde trabajaremos con cuatro de ellos para posteriormente analizar su efecto sobre la variable dependiente que es la resistencia a la compresión del concreto.

## 2.2. Diseño de investigación

Según el diseño de investigación es de tipo experimental puro, ya que reúne los requisitos de validez interna y control; el primero porque los grupos de estudio están asignados aleatoriamente; y el segundo porque en uno de ellos se manipula la variable independiente.

Tabla 6.

*Diseño de investigación*

Grupo	Tratamiento	Post prueba
GE: Probetas cilíndricas.	X: Curados con compuestos químicos.	O1: Resistencia a la compresión.
GC: Probetas cilíndricas.	Curado estándar	O2: Resistencia a la compresión.

Fuente: Propia

Donde,

GE: Grupo experimental, recibe modificaciones x

GC: Grupo control, no recibe modificaciones

X: Modificaciones, tratamiento, estímulo, reactivo experimental

O: Medición que se realiza a través de pruebas, cuestionario, observaciones, etc.

## 2.3. Variables

### 2.3.1. *Compuestos químicos de curado*

Es una emulsión líquida que cuando es aplicada con un pulverizador sobre concreto fresco desarrolla una película impermeable y sellante de naturaleza microcristalina, estos ofrecen una protección contra la rápida evaporación debido a la acción del sol y viento, por lo tanto, previene el desarrollo de fisuras superficiales en la mezcla. (Contreras & Velazco, 2018).

### 2.3.2. Resistencia a la compresión del concreto

El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad que se encuentra en un rango prescrito hasta la falla. La resistencia a la compresión del espécimen es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección transversal del espécimen. (NTP.339.034, 2015).

Tabla 7.

*Matriz de clasificación de variables*

Variables	Clasificación				
	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Compuestos químicos de curado	Independiente	Cuantitativa Continua	Razón	Adimensional	Directa
Resistencia a la compresión del concreto	Dependiente	Cuantitativa Continua	Razón	Multidimensional	Indirecta

Fuente: Propia

### 2.3.3. Operacionalización de variables

Tabla 8.

Matriz de operacionalización de la variable dependiente

Variab	Definición	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Instrumento
V. D.: Resistencia a la compresión del concreto	La resistencia a la compresión es la característica mecánica principal del concreto, dada la importancia que reviste esta propiedad dentro de una estructura convencional del concreto reforzado. (Mario, 2008).	El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad que se encuentra en un rango prescrito hasta la falla. La resistencia a la compresión del espécimen es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección transversal del espécimen. (NTP.339.034, 2015).	Caracterización de agregados	Propiedades de los agregados	TMN, %h, Pe, % Abs, PUSC	
			Diseño de mezcla ACI 211	Peso Seco, Peso SSS, Peso Húmedo	Kg	
			Resistencia a la compresión promedio a 3,7 y 28 días	$f'c$	kg/cm <sup>2</sup>	
			ACI 318-19	Verificación de resultados a 3,7 y 28 días según criterio ACI 318-19	$f'c$ obra $\geq 85\%$ $f'c$ estándar ; $f'c$ obra $\geq 3.5$ Mpa $f'c$ diseño	Guías de observación
			Compuesto químico de curado de concreto más eficiente	Análisis e identificación del compuesto químico de curado de concreto más eficiente a 3,7 y 28 días.	$> f'c$	
			Prueba de hipótesis	Análisis de distribución normal, varianza y posprueba	Significancia	

Fuente: Propia

Tabla 9.

*Matriz de operacionalización de la variable independiente*

Variables	Definición	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Instrumento
V. I.: Compuestos químicos de curado	Un compuesto químico es una sustancia a partir de la cual pueden obtenerse sustancias elementales por medios químicos. (Raviolo, 2008).	Es una emulsión líquida que cuando es aplicada con un pulverizador sobre concreto fresco desarrolla una película impermeable y sellante de naturaleza micro cristalina, estos ofrecen una protección contra la rápida evaporación debido a la acción del sol y viento, por lo tanto, previene el desarrollo de fisuras superficiales en la mezcla. (Contreras & Velazco, 2018).	-	(1 capa)  Sika – 0.0157 litros/probeta  Chema – 0.0198 litros/probeta  Z Aditivos – 0.0108 litros/probeta  Aditivos Especiales – 0.0170 litros/probeta	-	-

Fuente: Propia

## 2.4. Población y muestra

### 2.4.1. Población

La población está conformada por todos los concretos  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  de la ciudad de Trujillo, en el año 2020.

### 2.4.2. Muestra

Según lo estipulado en la norma NTP.339.033 (2015), los especímenes de resistencia a la compresión o a la tracción por hendimiento deben ser cilindros colados y fraguados en una posición vertical. La longitud debe ser dos veces el diámetro. El diámetro del cilindro debe ser al menos 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Para ensayos de aceptación respecto a una resistencia a la compresión especificada, los cilindros deben ser de 6" x 12" (150mm x 300mm) o 4" x 8" (100mm x 200mm).

#### 2.4.2.1. Técnica de muestreo.

El muestreo es de tipo probabilístico, porque permite determinar matemáticamente el tamaño de la muestra, con cierto nivel de exactitud; asimismo, permite estimar objetivamente el error de muestreo. El procedimiento de muestreo se denomina Muestreo Aleatorio Simple (M.A.S), el cual es un procedimiento de muestreo probabilístico que da a cada elemento de la población objetivo y a cada posible muestra de un tamaño determinado, la misma probabilidad de ser seleccionado. (Questionpro, 2021); para lo cual se emplea la siguiente ecuación:

$$N = \left( \frac{Z^2 x S^2}{E^2} \right)$$

Donde:

N: Tamaño de muestra

Z: Es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza fijado por el investigador. En este caso, usaremos confianza al 95%, teniendo un valor bilateral  $Z=1.960$ .

S: Desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador, obtenida de un antecedente. Para la presente investigación usaremos los datos del antecedente “Influencia de los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto sobre la resistencia a compresión, Trujillo 2018”. (Horna, 2018).

E: % de error fijada por el investigador.

#### 2.4.2.2. Tamaño de muestra.

Tabla 10.

Valores de la distribución normal estandarizada (Z)

Valores de la distribución normal estandarizada (Z)		
Nivel de confianza (1- $\alpha$ )	Nivel de significancia ( $\alpha$ )	Valor Z (Bilateral)
90% = 0.90	10% = 0.10	1.64
95% = 0.95	5% = 0.05	1.96
98% = 0.98	2% = 0.02	2.33
99% = 0.99	1% = 0.01	2.58

Fuente: Propia

- **Cálculo de la desviación estándar (S)**

Para obtener la desviación estándar utilizaremos la siguiente ecuación, haciendo uso de los valores de resistencia a compresión de la Tabla N°75 del antecedente antes mencionado:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - X')^2}{N - 1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar.

$X'$  = Promedio de valores de resistencia a compresión.

N = Número de muestras.

Tabla 11.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con Z Membrana Blanco a 28 días, Horna (2018)*

Curador	Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
	292.55
Z Membrana Blanco	284.61
	299.99

Fuente: Propia

Tabla 12.

*Resistencias a la compresión menos el promedio de éstas, al cuadrado*

$X'$	$X'$	$X - X'$	$(X - X')^2$
292.55		0.17	0.03
284.61	292.38	-7.77	60.42
299.99		7.61	57.86
	<b>SUMA</b>		<b>118.31</b>

Fuente: Propia.

De tal manera, la desviación estándar será:

$$S = \sqrt{\frac{118.31}{3 - 1}} = 7.69 \text{ kg/cm}^2$$

- **Cálculo del error (E)**

Este valor se calculará multiplicando el porcentaje de error elegido por el investigador, en este caso 2.5%, con el promedio de los valores de resistencia a compresión del antecedente antes mencionado.

$$X' = \frac{292.55 + 284.61 + 299.99}{3} = 292.38$$

$$E = 2.5\% (X') = 0.025 (292.38) = 7.31$$

Finalmente, se obtiene:

$$n = \left( \frac{1.96^2 * 7.69^2}{7.31^2} \right) = 4.25$$

$$n \approx 5 \text{ testigos}$$

De este modo, en la siguiente tabla se muestra el número total de probetas a realizar.

Tabla 13.

*Cantidad total de cilindros a realizar*

Curador	Diseño de concreto (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de curado (días)	N° Probetas
			Compresión
Hídrico	210	3	5
		7	5
		28	5
SikaCem Curador	210	3	5
		7	5
		28	5
Curador Membranil Reforzado	210	3	5
		7	5
		28	5
Z Membrana Blanco	210	3	5
		7	5
		28	5
Per Membrana	210	3	5
		7	5
		28	5
<b>Total de testigos cilíndricos</b>			<b>75</b>

Fuente: Propia.

## 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 2.5.1. Técnica de recolección de datos

Para la técnica de recolección de datos se empleará la observación, que es el registro visual de lo ocurrido durante una situación real; teniendo a la observación directa como forma para registrar la conducta, pues nos pondremos en contacto personalmente con el fenómeno a investigar.

#### **2.5.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos para la recolección de datos que utilizaremos serán guías de observación; las cuales nos servirán para el recojo de información como edad de curado, datos de la probeta, curador utilizado, resistencia alcanzada. (Ver Anexo 2).

#### **2.5.3. Validación del instrumento de recolección de datos**

El instrumento de recolección de datos será validado por el Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz con código CIP: 166228, a través de su firma, después de revisar y confirmar que la guía de observación cuente con los criterios necesarios para expresar de manera clara y precisa la información recogida que se quiere representar. Posteriormente, el ingeniero llenará y firmará la rúbrica de evaluación del instrumento antes mencionado (Ver Anexo 1).

#### **2.5.4. Análisis de datos**

La presente investigación usará las siguientes técnicas:

- **Estadística descriptiva**

Porque se utilizarán gráficos estadísticos para una mejor representación, visualización, comparación e interpretación de nuestros resultados obtenidos.

- **Estadística inferencial**

Porque permitirá inducir, en base a la información empírica proporcionada de una muestra, cómo se comporta una determinada población con un riesgo de error medible.

#### 2.5.4.1. Análisis de distribución normal.

Por tener un tamaño de muestra  $n = 5$ , menor a 50, se utilizará la prueba Shapiro-Wilk para el criterio de normalidad de datos, con una significancia ( $\alpha$ ) del 5%, ya que se consideró un nivel de confianza  $(1 - \alpha)$  del 95%.

#### 2.5.4.2. Análisis de varianza.

Si los datos siguen una distribución normal, se utilizará el método de análisis de varianza mediante la prueba ANOVA con la misma significancia del 5%.

#### 2.5.4.3. Definición de hipótesis nula y alternativa.

- La hipótesis nula ( $H_0$ ) de la presente investigación sería:

$H_0$ : Los compuestos químicos de curado no tienen efecto positivo en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19.

- La hipótesis alternativa ( $H_a$ ) de la presente investigación sería:

$H_a$ : Los compuestos químicos de curado tienen efecto positivo en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19.

#### 2.5.4.4. Análisis de posprueba.

Según los resultados obtenidos en la prueba de ANOVA, si la hipótesis alternativa es aceptada debido a que la significancia es menor al 5%, se realizará la pos prueba, siguiendo el método Tukey para identificar en qué casos existe efecto positivo.

Tabla 14.

*Pruebas para el análisis de datos*

<b>Análisis de distribución normal</b>	<b>Análisis de varianza</b>	<b>Análisis posprueba</b>
Prueba Shapiro-Wilk	Prueba ANOVA	Prueba Tukey

Fuente: Propia.

### **2.5.5. Instrumento de análisis de datos**

Los softwares que nos ayudarán a realizar las pruebas mencionadas anteriormente son el IBM SPSS Statistics y el Ms. Excel; cuyos datos arrojados serán analizados para corroborar la validez de la hipótesis planteada en la presente investigación.

### **2.6. Aspectos éticos**

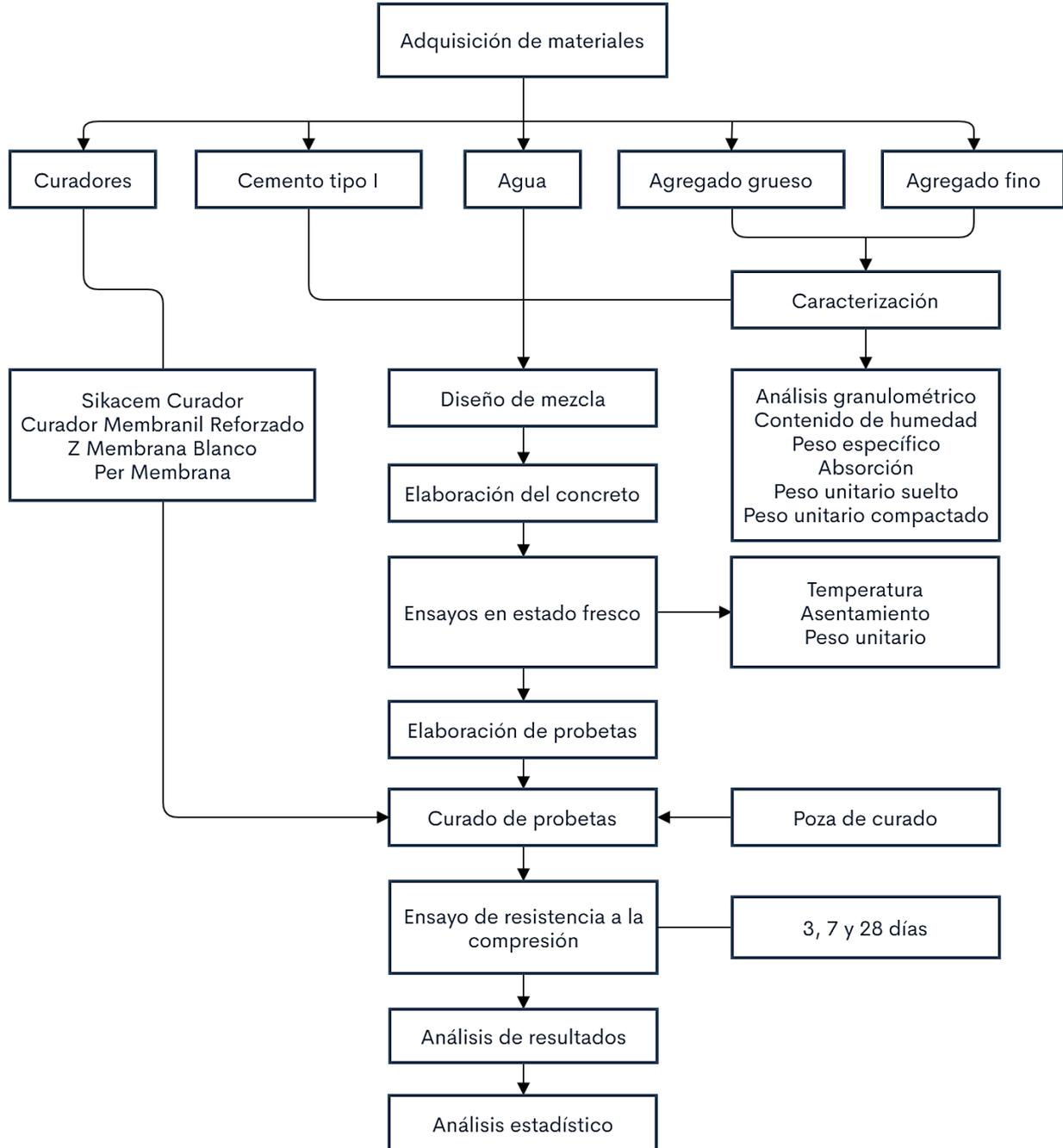
Como parte de la ética, la presente investigación se registrará en base a cuatro principios fundamentales durante el proceso de elaboración:

- **Beneficencia:** Esta investigación será de beneficio para futuros investigadores quienes quieran profundizar en temas de estudio relacionados al nuestro.
- **No Maleficencia:** Durante la redacción de la presente investigación se reconocerá la autoría de toda información que no sea nuestra, la misma que será citada y referenciada según corresponda.
- **Autonomía:** Al finalizar la redacción de esta investigación, será sometida por parte de nuestro asesor, a un software antiplagio con la finalidad de evitar cualquier omisión de autoría y validar su autenticidad.
- **Justicia:** La presente investigación será autorizada a estar de acceso abierto al público para que éste pueda utilizarlo académicamente y calificarlo según su criterio.

## 2.7. Procedimiento

Figura 2.

*Procedimiento a seguir en la presente investigación*



Fuente: Propia

### 2.7.1. *Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP.400.012)*

- Secar la muestra a peso constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (24 h  $\pm$  2 h).
- Seleccionar tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado.
- Encajar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior.
- Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por un período suficiente.
- Limitar la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación de tamizado.
- Continuar el tamizado por un período suficiente, de tal manera que al final no más del 1 % de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual.
- Calcular el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes sobre cada tamiz, aproximando al 0,1 % más cercano de la masa seca inicial de la muestra.
- Cuando se requiera, calcular el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje  $\cdot$  acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150  $\mu\text{m}$  (N° 100); 300  $\mu\text{m}$  (N° 50); 600  $\mu\text{m}$  (N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada); 19,0 mm (3/4 de pulgada); 37,5 mm (1 1/2 pulgada) y. mayores; incrementando en la relación 2 a 1.

$$MF = \frac{(\sum \% \text{retenido acumulado en las mallas } N^{\circ} 4 - N^{\circ} 100)}{100}$$

Tabla 15.

Esquema de la granulometría de agregados

Tamiz	Abertura (mm)	Peso tamiz (g)	Tamiz + muestra (g)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante (%)
N° 1 ½	37.50						
N° 1	25.00						
N° ¾	19.00						
N° 1/2	12.50						
N° 3/8	9.50						
N° 4	4.75						
N° 8	2.38						
N° 16	1.18						
N° 30	0.60						
N° 50	0.30						
N° 100	0.15						
N° 200	0.08						
FONDO	0.00						

Fuente: NTP.400.012 (2013)

### 2.7.2. Humedad de agregado grueso y fino (NTP.339.185)

- Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0,1 %.
- Secar la muestra completamente en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de las partículas.
- La muestra estará suficientemente seca cuando la aplicación de calor adicional cause o pueda causar menos de 0,1 % de pérdida adicional de masa.
- Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0,1 % después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.

- Calcular el contenido de humedad total evaporable de la siguiente manera:

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

Donde,

P = 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.

### 2.7.3. *Peso unitario del agregado grueso y fino (NTP.400.017)*

- **Peso unitario suelto**

- Llenar el recipiente hasta el reboce con una pala o cucharón, descargando el agregado de una altura que no exceda 50 mm encima del borde superior del mismo.
- Nivelar la superficie del agregado con los dedos o una espátula de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibren los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.
- Determinar la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0,05 kg.

$$PUSS = \frac{Gs - T}{V}$$

Donde,

PUSS = Peso unitario suelto (kg/m<sup>3</sup>).

Gs = Peso del recipiente lleno de muestra (kg).

T = Peso del recipiente vacío (kg).

V = Volumen del recipiente (m<sup>3</sup>).

- **Peso unitario compactado**

- Llenar el recipiente a un tercio del total y nivelar la superficie con los dedos. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie.
- Llenar el recipiente a los 2 tercios del total y nuevamente nivelar y apisonar como anteriormente.
- Finalmente, llenar el recipiente a sobre-volumen y apisonar nuevamente de la forma indicada líneas arriba.
- Nivelar la superficie del agregado con los dedos o una espátula de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibre los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.
- Determinar la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0,05 kg.
- Por último, aplicamos la siguiente fórmula para ambos procedimientos:

$$PUSC = \frac{Gc - T}{V}$$

Donde,

PUSC = Peso unitario compactado (kg/m<sup>3</sup>).

Gc = Peso del recipiente lleno de muestra (kg).

T = Peso del recipiente vacío (kg).

V = Volumen del recipiente (m<sup>3</sup>).

- El volumen (V) del recipiente debe seguir la siguiente condición:

Tabla 16.

*Capacidad del recipiente para P.U. de agregados*

Tamaño nominal máximo del agregado.		Capacidad del recipiente	
mm	pulg.	m <sup>3</sup>	p <sup>3</sup>
12.5	½	0.0028 (2.8)	1/10
25.0	1	0.0093 (9.3)	1/3
37.5	1 ½	0.0140 (14)	½
75	3	0.0280 (28)	1
100	4	0.0700 (70)	2 ½
125	5	0.1000 (100)	3 ½

Fuente: NTP.400.017 (2011)

- Los tamaños indicados de los recipientes serán usados para ensayar agregados de un tamaño nominal máximo igual o menor de los listados.

#### **2.7.4. Peso específico y absorción de los agregados**

##### **2.7.4.1. Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP.400.021).**

- Secar la muestra de ensayo en una estufa hasta una masa constante a una temperatura de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
- Sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente, durante un período de  $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ .
- Retirar la muestra del agua y hacer rodar sobre un paño absorbente grande, hasta que se eliminan todas las partículas visibles de agua.
- Determinar la masa de la muestra de ensayo, en la condición de superficie saturada seca. Anotar ésta y todas las masas posteriores cercanas a 0,5 g ó 0,05 % de la masa de la muestra, lo que sea más cercano.
- Colocar inmediatamente la muestra saturada superficialmente seca en el recipiente de la muestra y determinar su masa aparente en agua a  $23\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$ .

- Secar la muestra de ensayo en la estufa hasta una masa constante, a temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , enfriar en aire a temperatura ambiente durante 1 h a 3 h, o hasta que el agregado se ha enfriado a una temperatura que es apropiada para la manipulación (aproximadamente  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y determinar la masa.
- Calcular la densidad y la absorción en base al agregado secado al horno, de la siguiente manera:

$$PeM = 997.5 \left[ \frac{A}{B - C} \right] \qquad \%Abs = \left[ \frac{B - A}{A} \right] * 100$$

Donde,

A: Peso de la muestra seca al horno (g).

B: Peso de la muestra SSS, en el aire (g).

C: Peso sumergido de la muestra SSS (g).

#### **2.7.4.2. Peso específico y absorción del agregado fino (NTP.400.022).**

- Llenar parcialmente el picnómetro con agua.
- Introducir en el picnómetro  $500\text{ g} \pm 10\text{ g}$  de agregado fino, y llenar de agua adicional hasta aproximadamente el 90 % de su capacidad.
- Rodar, invertir o agitar manualmente el picnómetro (o utilizar una combinación de estas acciones) para eliminar las burbujas de aire visibles.
- Retirar el agregado fino del picnómetro, secar en el horno a una masa constante, a temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , enfriar en aire a temperatura ambiente durante  $1\text{ h} \pm 1/2\text{ h}$ , y determinar la masa.
- Determinar la masa del picnómetro lleno a su capacidad de calibración con agua a  $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Calcular la densidad y la absorción en base al agregado secado al horno de la siguiente manera:

$$PeM = 997.5 \left[ \frac{A}{B + S - C} \right]$$

$$\%Abs = \left[ \frac{S - A}{A} \right] * 100$$

Donde,

A: Peso de la muestra seca (g).

B: Peso del frasco lleno de agua hasta la marca de calibración (g).

S: Peso de la arena SSS (g).

C: Peso del frasco lleno con agua y arena (g).

### 2.7.5. *Diseño de mezcla*

El diseño de mezcla se desarrollará siguiendo el método ACI 211, concreto simple.

### 2.7.6. *Ensayos del concreto*

#### 2.7.6.1. **Muestreo de concreto (NTP.339.036).**

- Transportar las muestras individuales al lugar donde se va a ensayar el concreto fresco o donde los especímenes de ensayo serán moldeados.
- Tomar la muestra por recolección de dos o más porciones, tomadas a intervalos regularmente espaciados durante la descarga de la porción media del lote. No obtener porciones de muestra de la primera o última parte de la descarga de la tanda. Obtener la muestra pasando un recipiente completamente a través de la corriente de descarga o por vaciado de la descarga en el contenedor. Si la descarga del concreto es demasiado rápida, para desviar el chorro de descarga, descargar el concreto dentro de un contenedor o unidad de transporte lo suficientemente grande para acomodar la tanda entera y luego realizar el muestreo de la misma manera como se indicó anteriormente. Tener cuidado de no restringir el flujo del concreto de la mezcladora, contenedor o unidad de transporte, como para causar segregación.

Nota: El tiempo transcurrido entre la obtención de la porción inicial y final de una muestra compuesta deberá ser el más corto posible, pero en ningún caso excederá de 15 minutos. Por otro lado, las muestras para el ensayo de resistencia deberán tener como mínimo 28 L (1 pie<sup>3</sup>). Pueden permitirse muestras más pequeñas para ensayos de rutina de contenido de aire; la temperatura y asentamiento. El tamaño de la muestra será definido por el tamaño máximo del agregado.

#### **2.7.6.2. Temperatura del concreto (NTP.339.184).**

- Colocar el dispositivo de medición de temperatura en la mezcla de concreto fresco, de tal modo que el sensor esté sumergido un mínimo de 75 mm. Presionar levemente el concreto en la superficie alrededor del dispositivo de medición de temperatura para que la temperatura ambiente no afecte la lectura.
- Dejar introducido el dispositivo medidor de temperatura en el concreto fresco por un mínimo de 2 minutos, pero no más de 5 minutos, y a continuación leer y registrar la temperatura, con una precisión de 0,5 °C. No retirar el dispositivo del concreto durante la lectura de la temperatura.

#### **2.7.6.3. Asentamiento del concreto (NTP.339.035).**

- Humedecer el molde de metal no atacable por pasta de cemento y se coloca sobre una superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda.
- Fijar el molde firmemente en su lugar durante el llenado pisando las aletas o asegurando las abrazaderas a la placa de base, manteniendo limpio el perímetro.
- Llenar el molde con la muestra de concreto obtenido, vaciando el concreto en tres capas, de modo que cada capa corresponda a aproximadamente a la tercera parte del volumen del molde. Se coloca el concreto en el molde usando el cucharón de tamaño apropiado y forma adecuada para obtener la cantidad suficiente y representativa de concreto del recipiente que contiene la muestra. El concreto se vacía moviendo el

cucharón alrededor del perímetro del molde, para asegurar la distribución del concreto con la mínima segregación.

- Compactar aplicando 25 golpes con la barra compactadora cilíndrica de acero liso, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, que tiene su extremo de compactación, o ambos, redondeado a una semiesfera con un diámetro de 16 mm; distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección de la capa. En la capa inferior es necesario inclinar un poco la barra y dar la mitad de los golpes cerca del perímetro, acercándose progresivamente en espiral hacia el centro de la sección. La capa inferior se compacta en todo su espesor. La segunda capa y la capa superior se compactan a través de todo su espesor, procurando que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.
- Llenar el molde por exceso antes de compactar la última capa. Si como resultado de la operación de varillado hubiere una deficiencia material, se debe añadir la cantidad suficiente para mantener un exceso de concreto sobre la parte superior del molde en todo momento.
- Enrasar rodando la barra compactadora sobre el borde superior del molde. Se continúa asegurando el molde firmemente contra la base y se elimina el concreto sobrante alrededor del molde para evitar interferencias con el movimiento del concreto que se asienta.
- Retirar inmediatamente el molde del concreto levantándolo cuidadosamente en dirección vertical. Se levanta el molde una altura de 300 mm en  $5\text{ s} \pm 2\text{ s}$  con un movimiento ascendente firme, evitándose los movimientos laterales o torsionales. La operación completa desde el principio de llenado del molde hasta su retiro se hará sin interrupción y en un tiempo no mayor de 2,5 min.

- Medir inmediatamente el asentamiento, determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado. En caso de que se presente una falla por corte, donde se aprecia una separación de una parte de la masa, este ensayo será desechado y debe realizarse uno nuevo con otra parte de la muestra. Existen tolerancias de asentamiento, plasmadas en la siguiente tabla:

Tabla 17.

*Tolerancias del asentamiento*

<b>Especificaciones</b>		<b>Tolerancias ASTM C 94/C 94M NTP 339.114</b>
<b>Asentamiento nominal</b>	2'' (50 mm) y menos	$\pm 1/2''$ (15 mm)
	2'' a 4'' (50 a 100 mm)	$\pm 1''$ (25 mm)
	más de 4'' (100 mm)	$\pm 1 1/2''$ (40 mm)
<b>Asentamiento "máximo" o "no debe exceder"</b>	3'' (75 mm) o menos	En exceso 0'' (0 mm) En defecto 1 1/2'' (40 mm)
	Más que 3'' (75 mm)	En exceso 0'' (0 mm) En defecto 2 1/2'' (65 mm)
<b>Tiempo de conservación en estos rangos (responsabilidad productor)</b>		<b>30 min desde llegada a obra</b>

Fuente: NTP.339.114 (2016)

**2.7.6.4. Peso unitario del concreto (NTP.339.046).**

- Seleccionar el método de consolidación del concreto en ensayo, en función del asentamiento del mismo. Los métodos de consolidación son apisonado y vibración interior. Para concretos con un asentamiento mayor que 75 mm se debe aplicar el método de apisonado. Para concretos con asentamiento entre 25 mm a 75 mm se aplica apisonado o vibrado. Concretos con asentamiento menor de 25 mm se debe aplicar el método de consolidación por vibración.

- Colocar el concreto en el recipiente de medición usando la cuchara de tamaño apropiado para que la cantidad de concreto obtenido del recipiente de muestreo, sea representativa y suficiente tal que no se derrame durante su colocación en el recipiente de medición. Se mueve la cuchara alrededor del perímetro interno del recipiente de medición para asegurar una distribución homogénea del concreto con segregación mínima.
- Colocar el concreto en el recipiente de medición de capacidad según la tabla N°18 en tres capas de aproximadamente igual volumen.

Tabla 18.

*Capacidad del recipiente para PU del concreto*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso.		Capacidad del recipiente	
mm	pulg	m <sup>3</sup>	p <sup>3</sup>
25.0	1	0.0060 (6)	0.2
37.5	1 ½	0.0110 (11)	0.4
50	2	0.0140 (14)	0.5
75	3	0.0280 (28)	1.0
112	4 ½	0.0700 (70)	2.5
150	6	0.1000 (100)	3.5

Fuente: NTP.339.046 (2008)

- Apisonar cada capa con 25 golpes de la barra compactadora cilíndrica recta, de acero de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo su extremo de compactación redondeado a una punta semiesférica de diámetro 16 mm; cuando se utilicen recipientes de medida nominal de 14 L o más pequeños; 50 golpes cuando se utilicen recipientes de medida nominal de 28 L y un golpe por cada 15 cm<sup>2</sup> de superficie para recipientes de medición más grandes. Apisonar la capa del fondo a través de todo su espesor, pero evitando que la barra compactadora no golpee fuertemente el fondo del recipiente. Distribuir los golpes uniformemente sobre la

sección transversal del recipiente y para la segunda y tercera capa, la barra compactadora debe penetrar aproximadamente 25 mm en la capa subyacente.

- Golpear, después de que cada capa ha sido apisonada, con el mazo (de cabeza de caucho o cuero) que tenga una masa de  $600 \pm 200$  g para usar con recipientes de medición de 14 L o más pequeños, y un mazo con masa de  $1\ 000 \pm 200$  g para usar con recipientes más grandes; los lados del recipiente, 10 a 15 veces, usando la fuerza apropiada para cerrar cualquier poro causado por la barra de apisonado y eliminar las burbujas grandes de aire atrapadas.
- Agregar la última capa para evitar el sobrellenado. En la consolidación de la capa final, el recipiente de medición no debe contener un exceso sustancial o falta de concreto. Un exceso de concreto que sobresale aproximadamente 3 mm sobre el borde superior del recipiente se considera óptimo. Una cantidad pequeña de concreto puede agregarse para corregir la falta de material. Si el recipiente de medida contiene un gran exceso de concreto a la realización de consolidación de la capa final, quitar una porción representativa de éste del exceso con una paleta o cucharón grande.
- Alisar y terminar suavemente la superficie del concreto del borde superior del recipiente con la placa plana de alisado que se usa con gran cuidado para dejar el recipiente de medida nivelado y lleno. Se logra un mejor terminado de la superficie presionando la placa de alisado sobre los  $2/3$  de la superficie del concreto del borde superior del recipiente de medida para cubrir y retirando la placa con un movimiento de sierra terminado sólo el área originalmente cubierta. Colocar la placa en la cima de la medida, cubrir el original dos terceras partes de la superficie y continuar con la presión vertical y un movimiento serrando para cubrir la superficie entera de la medida y continuar avanzando hasta que resbale completamente fuera de la medida.

Varios golpes finales con el borde inclinado del plato producirán una superficie acabada lisa.

- Limpiar todo el concreto en exceso y adherido a las paredes exteriores del recipiente de medición y luego se determina la masa del hormigón con una exactitud de 45g.
- Hallar el Peso Unitario del concreto haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$Pu = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

Donde,

Pu: Peso unitario del concreto

Mc: Masa del recipiente de medida lleno de concreto

Mm: Masa del recipiente de medida vacío

Vm: Volumen del molde

#### 2.7.6.5. Elaboración y curado de especímenes de concreto (NTP.339.183).

- **Elaboración de especímenes de concreto**

- Elegir el método de consolidación según el asentamiento obtenido, siguiendo la siguiente tabla:

Tabla 19.

*Método de consolidación según el asentamiento*

<b>Asentamiento (mm)</b>	<b>Método de consolidación</b>
≥ 25	Aplisonado o vibración
< 25	Vibración

Fuente: NTP.339.183 (2013)

- Para el caso de aplisonado, moldear los especímenes siguiendo la siguiente tabla:

Tabla 20.

*Número de capas requerida por espécimen cilíndrico*

<b>Tipo y tamaño de espécimen mm (pulg)</b>	<b>Modo de consolidación</b>	<b>Número de capas de aproximadamente igual profundidad</b>
75 a 100 (3 o 4)	varillado	2
150 (6)	varillado	3
225 (9)	varillado	4
Hasta de 225 (9)	vibración	2

Fuente: NTP.339.183 (2013)

- Usar moldes de longitud dos veces su diámetro y el diámetro debe ser por lo menos tres veces el tamaño nominal máximo del agregado grueso; así mismo se debe usar una varilla de compactación de al menos 100 mm mayor que la profundidad del molde en el que se está realizando el envarillado, pero no mayor que 600 mm de longitud total, además tendrá su extremo de compactación, o ambos extremos, terminados en punta semiesférica del mismo diámetro de la varilla. Para el diámetro de la varilla se debe tener en cuenta la tabla N° 21.
- Moldear los especímenes rápidamente sobre una superficie nivelada y rígida, libre de vibraciones y otras alteraciones, en un lugar tan cerca como sea posible a la localización de los ambientes donde serán almacenados; colocando el concreto en el molde el número requerido de capas de aproximadamente igual volumen.
- Apisonar cada capa con el extremo semiesférico de la barra compactadora, aplicando el número requerido de golpes. En la primera capa la barra debe penetrar hasta el fondo de la capa a través de su altura. En el apisonado de la capa se debe tener cuidado de no dañar la parte inferior del molde. Distribuir uniformemente los golpes de la barra sobre la sección transversal del molde. Para cada capa superior, la barra debe penetrar toda la capa a través de su altura, de manera que la barra penetre hasta la capa precedente aproximadamente 25 mm.

Tabla 21.

*Diámetro de la varilla y número de varillados a ser usados*

Diámetro del cilindro mm (pulg)	Diámetro de la varilla, mm (pulg)	Número de golpes por capa
75 (3) a < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75

Fuente: NTP.339.183 (2013)

- Golpear con el martillo de goma ligeramente las paredes del molde unas 10 a 15 veces, con el fin de eliminar los vacíos y burbujas de aire que puedan haber quedado atrapadas.
  - Acomodar el concreto de cada capa, a lo largo de los lados del molde cilíndrico, con un badilejo o herramienta adecuada. Ajustar el faltante en los moldes que no fueron llenados completamente con una porción de concreto representativa durante la consolidación de la capa superior. Se debe remover el concreto en exceso en los moldes.
  - Dar el acabado a la superficie superior, utilizando la barra compactadora para enrasar, cuando la consistencia del concreto lo permita, o con una paleta de mano o badilejo.
  - Marcar apropiadamente el exterior del espécimen con la información del concreto que ellos representan. Usar un método que no altere la superficie superior del concreto, no marcar las tapas removibles.
- **Curado de especímenes de concreto**
    - Cubrir los especímenes inmediatamente después de finalizado el moldeado, para prevenir la evaporación del agua del concreto no endurecido, preferiblemente con un material no absorbente, no reactivo ó con una lámina de plástico resistente, durable

e impermeable. Los especímenes serán almacenados inmediatamente después del acabado hasta que se remuevan de los moldes para prevenir la pérdida de humedad.

- Desmoldar los especímenes después de  $24\text{ h} \pm 8\text{ h}$  después del vaciado. Para concreto con tiempo de fraguado prolongado, los moldes no serán trasladados hasta  $20\text{ h} \pm 4\text{ h}$  después del fraguado final.
- Curar todos los especímenes con humedad a temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a menos que se especifique lo contrario, desde el tiempo de moldeo hasta el momento del ensayo. El almacenamiento durante las primeras 48 horas de curado se hará en un ambiente libre de vibración. Para los especímenes desmoldados, el curado húmedo significa que éstos deberán estar superficialmente libres de agua durante todo el tiempo. La condición de curado se cumple usando cuartos húmedos o tanques de almacenamiento de agua de acuerdo con los requerimientos de la NTP 334.077. Los especímenes de concreto estructural ligero serán curados de acuerdo con la norma ASTM C 330.

#### **2.7.6.6. Ensayo de resistencia a la compresión (NTP.339.034).**

- Proteger los cilindros de la pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo entre el retiro del almacenaje de humedad y el ensayo.
- Ensayar los cilindros en condición húmeda y tan pronto como sea práctico luego de retirarlos del almacenaje húmedo. Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturados dentro el tiempo permisible de tolerancias prescritas como se observa en la tabla N°5.
- Colocar el bloque de rotura inferior con la cara endurecida hacia arriba, sobre la mesa o platina de la máquina de ensayo directamente debajo del bloque de apoyo del asiento esférico (superior).

- Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y las del espécimen de ensayo y colocar el espécimen sobre el bloque inferior de rotura.
- Si se emplean almohadillas, limpiar las superficies del cojinete del anillo de retención y centrar la almohadilla o almohadillas sobre el espécimen.
- Cuidadosamente alinear los ejes del espécimen con el centro de empuje de la rótula del bloque de asiento esférico.
- Aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente y el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido (Tipos del 1 al 4). Para una máquina de ensayo, equipada con un detector de rotura del espécimen, el cierre automático de la máquina de ensayo está prohibido hasta que la carga haya caído a un valor menor del 95 % de la carga máxima. Cuando se ensayan con almohadillas, una fractura en la esquina similar a los patrones tipos 5 o 6, puede ocurrir antes que la capacidad última del espécimen haya sido alcanzada.
- Registrar la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo, y anotar el tipo de patrón de fractura, esquematizar y describir el patrón de fractura brevemente. Si el patrón de fractura no es ninguno de los patrones típicos, bosquejar y describir brevemente el patrón de fractura. Si la resistencia medida es menor a lo esperado, examinar la fractura del concreto y notar la evidencia de segregación, y la presencia de grandes vacíos de aire; si las fracturas pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas del agregado grueso, y verificar si el refrentado se realizó de conformidad con las NTP 339.037 o NTP 339.216.
- Calcular la resistencia haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$f'c = \frac{F}{A}$$

Donde,

$f'_c$ : Resistencia a la compresión del concreto.

F: Fuerza aplicada en kg por una prensa de ensayo.

A: Área de la sección transversal del espécimen.

#### **2.7.6.7. Comparación de resultados con lo estipulado en el ACI 318-19.**

- Se calculará el 85% de cada valor promedio de resistencia a la compresión alcanzada por probetas de concreto curadas de forma estándar a edades de 3, 7 y 28 días, para hacer una comparación con cada valor promedio de resistencia a la compresión alcanzada por probetas de concreto curadas con los diferentes compuestos químicos de curado a edades de 3, 7 y 28 días; para de esa forma ver si cumplen con el requisito 1 del capítulo 26.5.3.2, acáp. (e).
- Se adicionará 3.5 MPa a la resistencia de diseño para hacer una comparación con cada valor promedio de resistencia a la compresión alcanzada por probetas de concreto curadas con los diferentes compuestos químicos de curado a edades de 3, 7 y 28 días; para de esa forma ver si cumplen con el requisito 2 del capítulo 26.5.3.2, acáp. (e).

#### **2.7.6.8. Identificación del curador más eficiente.**

Se identificará el compuesto químico de curado más eficiente, en base al mayor valor promedio de resistencia a la compresión de probetas de concreto curadas a edades de 3, 7 y 28 días; y en base a si dichos valores cumplen con lo dispuesto por el ACI 318-19 en el capítulo 26.5.3.2, acáp. (e).

### **2.8. Desarrollo de tesis**

Los agregados fueron entregados por el laboratorio donde se desarrolló la presente investigación, los cuales provienen de la cantera Quebrada El León, ubicada en el distrito de El Milagro, provincia de Trujillo. El cemento que se utilizó fue Pacasmayo tipo I, de uso general. El agua de mezclado fue el agua potable que se distribuye en

la ciudad de Trujillo, la cual es usada frecuentemente para elaborar concretos en laboratorio; mientras que el agua de curado para las probetas patrón cumplió con los requisitos de la normativa NTP.334.077 para pozas de curado. Los compuestos químicos de curado utilizados se adquirieron por medio de la compra a las empresas Sika, Chema, Z aditivos, Aditivos Especiales.

### 2.8.1. Análisis granulométrico de los agregados

- **Análisis granulométrico del agregado fino**

- Se realizó el análisis granulométrico del agregado fino, según los parámetros de la NTP. 400.012; arrojando como resultados, los mostrados en la tabla N°22; luego, con estos valores, se graficó la curva granulométrica que se muestra en la figura N°3.

Tabla 22.

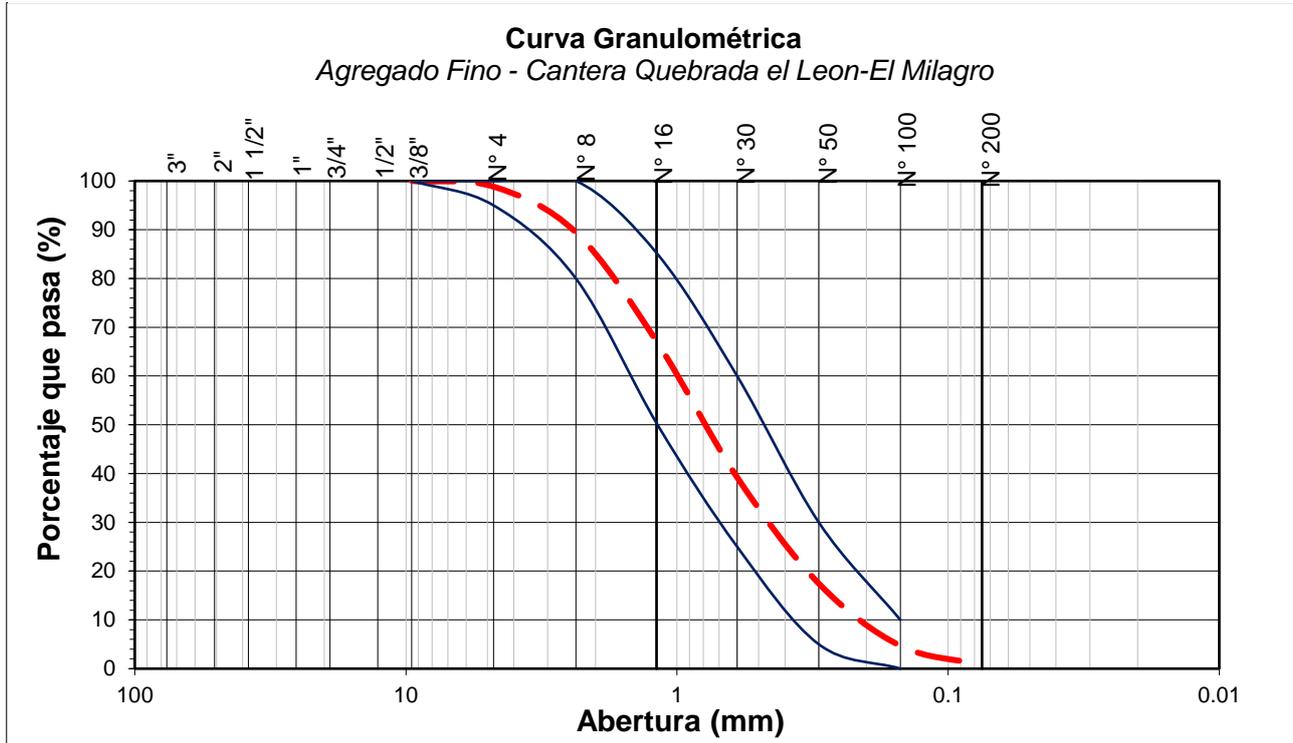
*Granulometría del agregado fino*

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP. 400.037	
						Mínimo	Máximo
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
N° 4	4.750	13.6	1.2	1.2	98.8	95.0	100.0
N° 8	2.360	109.8	9.4	10.6	89.4	80.0	100.0
N° 16	1.180	264.7	22.6	33.2	66.8	50.0	85.0
N° 30	0.600	322.5	27.6	60.8	39.2	25.0	60.0
N° 50	0.300	254.6	21.8	82.5	17.5	5.0	30.0
N° 100	0.150	149.3	12.8	95.3	4.7	0.0	10.0
N° 200	0.075	45.5	3.9	99.2	0.8	0.0	5.0
Fondo		9.3	0.8	100.0	0.0	-	-
		<b>1169.3</b>	<b>100.0</b>				

Fuente: Propia

Figura 3.

Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: Propia

- Se halló el módulo de finura.

$$MF = \frac{(1.2 + 10.6 + 33.2 + 60.8 + 82.5 + 95.3)}{100} = 2.84$$

- Finalmente, se clasificó al agregado fino según su módulo de finura.

Tabla 23.

Módulo de finura

Agregado fino	Módulo de finura
Arena fina	0.5 – 1.5
Arena media	1.5 – 2.3
Arena gruesa	2.3 – 3.1

Fuente: Horna (2018)

- **Análisis granulométrico del agregado grueso**

- Se realizó el análisis granulométrico del agregado grueso, según los parámetros de la NTP. 400.012; arrojando como resultados, los mostrados en la tabla N°24;

luego, con estos valores, se graficó la curva granulométrica que se muestra en la figura N°4.

Tabla 24.

*Granulometría del agregado grueso*

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037	
						Mínimo	Máximo
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	0.0		
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	0.0		
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.000	13.0	0.4	0.4	99.7	90.0	100.0
1/2"	12.500	875.0	27.0	27.4	72.7	-	-
3/8"	9.500	1150.0	35.4	62.8	37.2	20.0	55.0
N° 4	4.750	1072.0	33.0	95.8	4.2	0.0	10.0
N° 8	2.360	118.0	3.6	99.5	0.6	0.0	5.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	99.5	0.6	-	-
N° 30	0.600	0.0	0.0	99.5	0.6	-	-
N° 50	0.300	0.0	0.0	99.5	0.6	-	-
N° 100	0.150	0.0	0.0	99.5	0.6	-	-
Fondo		19	0.6	100.0	0.0	-	-
		<b>3247.0</b>	<b>100.0</b>				

Fuente: Propia



Tabla 25.

*Datos para hallar el contenido de humedad del agregado fino*

<b>Descripción</b>	<b>U.M.</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>
Peso de recipiente	gr	117.2	177.2
Peso de recipiente + muestra húmeda	gr	877.3	942.5
Peso de recipiente + muestra seca	gr	874.1	936.6
Peso de muestra húmeda	gr	760.1	825.3
Peso de muestra seca	gr	756.9	819.4
Peso de agua	gr	3.2	5.9

Fuente: Propia

Tabla 26.

*Datos para hallar el contenido de humedad del agregado grueso*

<b>Descripción</b>	<b>U.M.</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>
Peso de recipiente	gr	264	311
Peso de recipiente + muestra húmeda	gr	3480	3522
Peso de recipiente + muestra seca	gr	3469	3514
Peso de muestra húmeda	gr	3216	3211
Peso de muestra seca	gr	3205	3203
Peso de agua	gr	11	8

Fuente: Propia

- Se calculó el contenido de humedad de ambos agregados.

$$\%W_{Af1} = \left( \frac{760.1 - 756.9}{756.9} \right) * 100 = 0.4 \quad ; \quad \%W_{Af2} = \left( \frac{825.3 - 819.4}{819.4} \right) * 100 = 0.7$$

$$\%W_{Ag1} = \left( \frac{3216 - 3205}{3205} \right) * 100 = 0.3 \quad ; \quad \%W_{Ag2} = \left( \frac{3211 - 3203}{3203} \right) * 100 = 0.2$$

- Finalmente, se calculó el contenido de humedad promedio para ambos agregados.

$$\%W_{Promedio Af} = \left( \frac{0.4 + 0.7}{2} \right) = 0.6$$

$$\%WPromedio Ag = \left( \frac{0.3 - 0.2}{2} \right) = 0.3$$

### 2.8.3. *Peso unitario de los agregados*

- Se realizó el ensayo de peso unitario suelto y compactado para ambos agregados teniendo como base la NTP. 400.017; considerando un número de 3 pruebas; las cuales se detallan en las siguientes tablas:

Tabla 27.

*Datos para hallar el PU del agregado fino*

<b>Descripción</b>	<b>U.M.</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>
Peso de recipiente + muestra suelta	kg	14.662	14.606	14.645
Peso de recipiente + muestra apisonada	kg	15.867	15.813	15.904
Peso de recipiente	kg	3.527	3.527	3.527
Peso de la muestra en estado suelto	kg	11.135	11.079	11.118
Peso de la muestra en estado compactado	kg	12.340	12.286	12.377
Volumen del recipiente	m <sup>3</sup>	0.0070	0.0070	0.0070

Fuente: Propia

Tabla 28.

*Datos para hallar el PU del agregado grueso*

<b>Descripción</b>	<b>U.M.</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>
Peso de recipiente + muestra suelta	kg	13.710	13.682	13.640
Peso de recipiente + muestra apisonada	kg	14.595	14.644	14.547
Peso de recipiente	kg	3.527	3.527	3.527

Peso de la muestra en estado suelto	kg	10.183	10.155	10.113
Peso de la muestra en estado compactado	kg	11.068	11.117	11.020
Volumen del recipiente	m <sup>3</sup>	0.0070	0.0070	0.0070

Fuente: Propia

- Se calculó el peso unitario suelto del agregado fino.

$$PUSSAf1 = \left( \frac{(14.662 - 3.527)}{0.0070} \right) = 1591 \frac{kg}{m^3}$$

$$PUSSAf2 = \left( \frac{(14.606 - 3.527)}{0.0070} \right) = 1583 \frac{kg}{m^3}$$

$$PUSSAf3 = \left( \frac{(14.645 - 3.527)}{0.0070} \right) = 1588 \frac{kg}{m^3}$$

$$PUSSPromAf = \left( \frac{1591 + 1583 + 1588}{3} \right) = 1587 \frac{kg}{m^3}$$

- Se calculó el peso unitario suelto del agregado grueso.

$$PUSSAg1 = \left( \frac{(13.710 - 3.527)}{0.0070} \right) = 1455 \frac{kg}{m^3}$$

$$PUSSAg2 = \left( \frac{(13.682 - 3.527)}{0.0070} \right) = 1451 \frac{kg}{m^3}$$

$$PUSSAg3 = \left( \frac{(13.640 - 3.527)}{0.0070} \right) = 1445 \frac{kg}{m^3}$$

$$PUSSPromAg = \left( \frac{1455 + 1451 + 1445}{3} \right) = 1450 \frac{kg}{m^3}$$

- Se calculó el peso unitario compactado del agregado fino.

$$PUSCAf1 = \left( \frac{(15.867 - 3.527)}{0.0070} \right) = 1763 \frac{kg}{m^3}$$

$$PUSCAf2 = \left( \frac{(15.813 - 3.527)}{0.0070} \right) = 1755 \frac{kg}{m^3}$$

$$PUSCAf3 = \left( \frac{(15.904 - 3.527)}{0.0070} \right) = 1768 \frac{kg}{m^3}$$

$$PUSCPromAf = \left( \frac{1763 + 1755 + 1768}{3} \right) = 1762 \frac{kg}{m^3}$$

- Se calculó el peso unitario compactado del agregado grueso.

$$PUSCAg1 = \left( \frac{(14.595 - 3.527)}{0.0070} \right) = 1581 \frac{kg}{m^3}$$

$$PUSCAg2 = \left( \frac{(14.644 - 3.527)}{0.0070} \right) = 1588 \frac{kg}{m^3}$$

$$PUSCAg3 = \left( \frac{(14.547 - 3.527)}{0.0070} \right) = 1574 \frac{kg}{m^3}$$

$$PUSCPromAg = \left( \frac{1581 + 1588 + 1574}{3} \right) = 1581 \frac{kg}{m^3}$$

#### 2.8.4. *Peso específico y absorción de los agregados*

##### 2.8.4.1. **Peso específico y absorción del agregado grueso.**

- Se realizó el ensayo de densidad específica y absorción del agregado grueso teniendo como base la NTP. 400.021; considerando un número de 2 pruebas; las cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 29.

*Datos para hallar la densidad específica y absorción del agregado grueso*

<b>Descripción</b>	<b>U.M.</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>
Peso de la muestra seca en horno al aire	gr	3039.7	3045.8
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	3060.4	3076.5
Peso de la muestra saturada en agua	gr	1933.2	1937.9

Fuente: Propia

- Se halló el peso específico del agregado grueso.

$$PeM1 = \left( \frac{3039.7}{3060.4 - 1933.2} \right) = 2.7 \frac{gr}{cm^3}$$

$$PeM2 = \left( \frac{3045.8}{3076.5 - 1937.9} \right) = 2.68 \frac{gr}{cm^3}$$

$$PeMProm = \left( \frac{2.7 - 2.68}{2} \right) = 2.69 \frac{gr}{cm^3}$$

- Se halló la absorción del agregado grueso.

$$Abs1 (\%) = \left( \frac{3060.4 - 3039.7}{3039.7} \right) * 100 = 0.7$$

$$Abs2 (\%) = \left( \frac{3076.5 - 3045.8}{3045.8} \right) * 100 = 1.0$$

$$AbsProm = \left( \frac{0.7 + 1.0}{2} \right) = 0.9$$

#### 2.8.4.2. Peso específico y absorción del agregado fino.

- Se realizó el ensayo de densidad específica y absorción del agregado fino teniendo como base la NTP. 400.022; considerando un número de 2 pruebas; las cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 30.

*Datos para hallar el peso específico y absorción del agregado fino*

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2
Peso de la muestra seca en horno al aire	gr	504.2	504.4
Peso del picnómetro lleno de agua	gr	1422.0	1425.7
Peso del picnómetro lleno de muestra y agua	gr	1739.7	1743.8
Peso de la muestra en estado SSS	gr	508.6	508.1

Fuente: Propia

- Se halló el peso específico del agregado fino.

$$PeM1 = \left( \frac{504.2}{1422 + 508.6 - 1739.7} \right) = 2.64 \frac{gr}{cm^3}$$

$$PeM2 = \left( \frac{504.4}{1425.7 + 508.1 - 1743.8} \right) = 2.65 \frac{gr}{cm^3}$$

$$PeMProm = \left( \frac{2.64 + 2.65}{2} \right) = 2.65 \frac{gr}{cm^3}$$

- Se halló la absorción del agregado fino.

$$Abs1 (\%) = \left( \frac{508.6 - 504.2}{504.2} \right) * 100 = 0.9$$

$$Abs2 (\%) = \left( \frac{508.1 - 504.4}{504.4} \right) * 100 = 0.7$$

$$AbsProm = \left( \frac{0.9 + 0.7}{2} \right) = 0.8$$

### 2.8.5. Diseño de mezcla

#### 2.8.5.1. Elección del asentamiento.

Se quiere un concreto de consistencia plástica, por lo que consideramos un asentamiento teórico de 3" a 4" de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 31.

*Tabla de asentamiento según la consistencia*

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

Fuente: ACI-211

#### 2.8.5.2. Elección del TMN y TM del agregado grueso.

Por la caracterización del agregado grueso se sabe que el primer peso retenido se obtuvo en el tamiz ¾", por lo que la NTP.400.037 lo clasifica de Huso 67.

### 2.8.5.3. Cálculo del agua de mezcla y el contenido de aire.

Tabla 32.

*Elección del agua de mezclado según el TMN y asentamiento*

Revestimiento (asentamiento) (mm)	Agua, kilogramos por metro cubico de concreto, para los tamaños de agregado indicados*							
	3/8 pulg.	1/2 pulg.	3/4 pulg.	1 pulg.	1 1/2 pulg.	2 pulg.	3 pulg.	6 pulg.
	<b>Concreto sin aire incluido</b>							
1" a 2" 25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4" 75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7" 150 a 175	213	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido, porcentaje.	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	<b>Concreto con aire incluido</b>							
1" a 2" 25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4" 75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7" 150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	-
Promedio del contenido de aire total recomendado, para el nivel de exposición, porcentaje.								
Exposición leve	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: ACI-211

Haciendo una intersección en la tabla de doble entrada mostrada entre un asentamiento de 3'' a 4'' y un TMN de 3/4, se obtiene 205 L/m<sup>3</sup> de agua y 2% de aire atrapado.

### 2.8.5.4. Selección de la relación a/c.

- Determinación de  $f'_{cr}$

Tabla 33.

*Determinación de  $f'_{cr}$  cuando no hay datos para calcular S*

Resistencia a compresión especificada, $f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a compresión media requerida (kg/cm <sup>2</sup> )
--	---

Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Más de 350	$1.10 f'c + 50$

Fuente: ACI-211

$$f'c = 210 \frac{kg}{cm^2}, \quad f'cr = 210 + 84, \quad f'cr = 294 kg/cm^2$$

- Dependencia entre la relación agua-material cementante y la resistencia a la compresión del concreto.

Tabla 34.

*Dependencia entre la relación a/c y la resistencia a la compresión del concreto*

Resistencia a compresión a los 28 días, kg/cm <sup>2</sup> (MPa)	Relación agua-material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450 (45)	0.38	0.31
400 (40)	0.43	0.34
350 (35)	0.48	0.40
300 (30)	0.55	0.46
250 (25)	0.62	0.53
200 (20)	0.70	0.61
150 (15)	0.80	0.72

Fuente: ACI-211

$$\frac{300-294}{294-250} = \frac{0.55-x}{x-0.62} \quad x = 0.558$$

#### 2.8.5.5. Cálculo del contenido de cemento.

$$\frac{a}{c} = 0.558 \quad c = \frac{205}{0.558} = 367.38 \text{ kg/m}^3 \sim 367 \text{ kg/m}^3$$

#### 2.8.5.6. Estimación del contenido de agregado grueso.

- Haciendo una intersección en la siguiente tabla de doble entrada entre el módulo de finura del agregado fino y el TMN del agregado grueso, se calculará el coeficiente  $b/b_0$  por interpolación.

Tabla 35.

*Determinación del coeficiente b/bo*

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Volumen del agregado grueso varillado (compactado) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino.			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8)	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2)	0.59	0.57	0.55	0.53
19.0 (3/4)	0.66	0.64	0.62	0.60
25.0 (1)	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 1/2)	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2)	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3)	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6)	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI-211

$$\frac{2.80-2.84}{2.84-3.00} = \frac{0.62-x}{x-0.60} \quad x = 0.616 = \frac{b}{b_0}$$

- Peso Seco del AG =  $1581 \text{ kg/m}^3 * 0.616 = 973.90 = 974 \text{ kg/m}^3$

### 2.8.5.7. Estimación del contenido de agregado fino.

Tabla 36.

*Estimación del contenido de agregado fino*

	Peso Seco (kg/m3)		
Cemento	367	367/3120	0.1176
Agua	205	205/1000	0.2050
Agregado Grueso	974	974/2690	0.3621
Agregado Fino	783	0.2953*2650	0.2953
Aire	2%	2/100	0.0200
<b>PUC</b>	<b>2329</b>	-	1.0000

Fuente: Propia

$$1 - (0.1176 + 0.2050 + 0.3621 + 0.0200) = 0.2953$$

$$AF = 0.2953 * 2650 = 782.55 \approx 783 \text{ kg/m}^3$$

### 2.8.5.8. Ajustes por humedad de los agregados.

$$Phum = Ps (AG \text{ Ó } AF) * \left(1 + \frac{\%hum (AG \text{ Ó } AF)}{100}\right)$$

$$Phum(AG) = 974 * \left(1 + \frac{0.3}{100}\right) = 976.92 \approx 977 \text{ kg/m}^3$$

$$Phum(AF) = 783 * \left(1 + \frac{0.6}{100}\right) = 787.70 \approx 788 \text{ kg/m}^3$$

- **Aportes de agua**

$$AP = Ps (AG \text{ Ó } AF) * \left(\frac{\%hum - \%abs}{100}\right)$$

$$AP(AG) = 974 * \left(\frac{0.3 - 0.9}{100}\right) = -5.84 \text{ L/m}^3$$

$$AP(AF) = 783 * \left(\frac{0.6 - 0.8}{100}\right) = -1.57 \text{ L/m}^3$$

- **Agua efectiva**

$$AEF = A. estimada - (\sum AP (AG \text{ ó } AF))$$

$$AEF = 205 - (-5.84 - 1.57) = 212.41 \approx 212 \text{ L/m}^3$$

Tabla 37.

*Proporción de materiales por peso húmedo*

<b>Peso Húmedo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
Cemento	367
Agua	212
Agregado Grueso	977
Agregado Fino	788
Aire	2%
<b>PUC</b>	<b>2344</b>

Fuente: Propia

### 2.8.5.9. Ajustes por absorción de los agregados.

$$P_{SSS} = P_s (AG \text{ Ó } AF) * \left(1 + \frac{\%abs (AG \text{ Ó } AF)}{100}\right)$$

$$P_{SSS} (AG) = 974 * \left(1 + \frac{0.9}{100}\right) = 982.77 \text{ kg/m}^3 \approx 983 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{SSS} (AF) = 783 * \left(1 + \frac{0.8}{100}\right) = 789.26 \text{ kg/m}^3 \approx 789 \text{ kg/m}^3$$

Tabla 38.

*Proporción de materiales por peso SSS*

	<b>Peso SSS (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Cemento	367
Agua	205
Agregado Grueso	983
Agregado Fino	789
Aire	2%
<b>PUC</b>	<b>2344</b>

Fuente: Propia

### 2.8.6. Ensayos del concreto

#### 2.8.6.1. Muestreo.

Se realizó el muestreo del concreto en estado fresco, siguiendo la NTP.339.036; para lo cual tomamos la porción intermedia en un tiempo no mayor a 15 minutos. La muestra total para cada grupo de probetas fue de 30L, cumpliendo con lo mínimo requerido de 28L.

#### 2.8.6.2. Temperatura.

Se registró la temperatura del concreto en estado fresco con ayuda de un termómetro digital, el cual fue introducido en cada muestra representativa durante un tiempo de 2 minutos con la finalidad que se establezca el valor; observando una temperatura promedio de 22.2°C.

### **2.8.6.3. Asentamiento.**

Se realizó este ensayo con la finalidad de conocer el asentamiento real, luego de haber diseñado para uno teórico de 3'' a 4'' correspondiente a un concreto de consistencia plástica; arrojando un valor promedio de 3'', cumpliendo con el rango proyectado.

### **2.8.6.4. Peso unitario.**

Se realizó el ensayo de peso unitario del concreto fresco, en un molde de volumen estándar seleccionado en base al TMN del agregado grueso, por lo mismo que se desarrollará por el método de consolidación de apisonado, el cual consta de 3 capas de 25 golpes cada una con una varilla lisa de extremo redondeado.

### **2.8.6.5. Elaboración y curado.**

- **Elaboración de especímenes de concreto**

Se realizó la elaboración de especímenes de concreto siguiendo la norma NTP.339.183; teniendo muestras representativas de 30L cada una. Se elaboraron 75 probetas cilíndricas de 4''x8'' con 25 varilladas y 15 golpes en 2 capas cada probeta.

- **Curado de especímenes de concreto**

Luego de elaborar los especímenes de concreto, se desencofraron en un plazo de 24h; donde 15 probetas fueron introducidas a la poza de curado y 60 fueron curadas por aspersión con diferentes compuestos químicos a edades de 3, 7 y 28 días.

### **2.8.6.6. Resistencia a la compresión.**

Se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión a cada uno de los especímenes cilíndricos de concreto, siguiendo la NTP.339.034, después de haber sido curados de manera estándar y con compuestos químicos a edades de 3, 7 y 28 días; conociendo las cargas de rotura gracias a la prensa hidráulica, donde, después de dividir las entre el área de contacto, se obtuvieron las resistencias a la compresión alcanzadas por cada tipo de curador tal y como se especifica en las siguientes tablas:

Tabla 39.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con agua a 3 días*

Resistencia a la compresión – 3 días (Curador: Agua)					
Rótulo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )
DM P3-01	20.0	10.0	78.5	14518	184.8
DM P3-02	20.0	10.0	78.5	15015	191.2
DM P3-03	20.0	10.0	78.5	14378	183.1
DM P3-04	20.0	10.0	78.5	14095	179.5
DM P3-05	20.0	10.0	78.5	15041	191.5
f <sup>c</sup> promedio:					<b>186.0</b>

Fuente: Propia

Tabla 40.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con SikaCem a 3 días*

Resistencia a la compresión – 3 días (Curador: SikaCem Curador)					
Rótulo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )
DM S3-01	20.0	10.0	78.5	13571	172.8
DM S3-02	20.0	10.0	78.5	12815	163.2
DM S3-03	20.0	10.0	78.5	13482	171.7
DM S3-04	20.0	10.0	78.5	12947	164.8
DM S3-05	20.0	10.0	78.5	13767	175.3
f <sup>c</sup> promedio:					<b>169.5</b>

Fuente: Propia

Tabla 41.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con Curador Membranil Reforzado a 3 días*

Resistencia a la compresión – 3 días (Curador: Curador Membranil Reforzado)					
Rótulo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )
DM C3-01	20.0	10.0	78.5	12160	154.8

DM C3-02	20.0	10.0	78.5	11754	149.7
DM C3-03	20.0	10.0	78.5	12735	162.1
DM C3-04	20.0	10.0	78.5	11915	151.7
DM C3-05	20.0	10.0	78.5	12320	156.9
<b>f<sup>c</sup> promedio:</b>					<b>155.0</b>

Fuente: Propia

Tabla 42.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con Z Membrana Blanco a 3 días*

Resistencia a la compresión – 3 días (Curador: Z Membrana Blanco)					
<b>Rótulo</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Área de contacto (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga de rotura (kg)</b>	<b>f<sup>c</sup> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
DM Z3-01	20.0	10.0	78.5	11768	149.8
DM Z3-02	20.0	10.0	78.5	12316	156.8
DM Z3-03	20.0	10.0	78.5	12087	153.9
DM Z3-04	20.0	10.0	78.5	11966	152.4
DM Z3-05	20.0	10.0	78.5	11693	148.9
<b>f<sup>c</sup> promedio:</b>					<b>152.4</b>

Fuente: Propia

Tabla 43.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con Per Membrana a 3 días*

Resistencia a la compresión – 3 días (Curador: Per Membrana)					
<b>Rótulo</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Área de contacto (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga de rotura (kg)</b>	<b>f<sup>c</sup> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
DM AE3 – 01	20.0	10.0	78.5	11083	141.1
DM AE3 – 02	20.0	10.0	78.5	10594	134.9
DM AE3 – 03	20.0	10.0	78.5	11534	146.9
DM AE3 – 04	20.0	10.0	78.5	11276	143.6
DM AE3 – 05	20.0	10.0	78.5	10779	137.2
<b>f<sup>c</sup> promedio:</b>					<b>140.7</b>

Fuente: Propia

Tabla 44.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con agua a 7 días*

Resistencia a la compresión – 7 días (Curador: Agua)					
Rótulo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )
DM P7 – 01	20.0	10.0	78.5	18876	240.3
DM P7 – 02	20.0	10.0	78.5	19064	242.7
DM P7 – 03	20.0	10.0	78.5	20016	254.9
DM P7 – 04	20.0	10.0	78.5	18973	241.6
DM P7 – 05	20.0	10.0	78.5	19240	245.0
f <sup>c</sup> promedio:					<b>244.9</b>

Fuente: Propia

Tabla 45.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con SikaCem a 7 días*

Resistencia a la compresión – 7 días (Curador: SikaCem Curador)					
Rótulo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )
DM S7 – 01	20.0	10.0	78.5	18193	231.6
DM S7 – 02	20.0	10.0	78.5	17978	228.9
DM S7 – 03	20.0	10.0	78.5	17387	221.4
DM S7 – 04	20.0	10.0	78.5	17796	226.6
DM S7 – 05	20.0	10.0	78.5	18359	233.8
f <sup>c</sup> promedio:					<b>228.5</b>

Fuente: Propia

Tabla 46.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con Curador Membranil Reforzado a 7 días*

Resistencia a la compresión – 7 días (Curador: Curador Membranil Reforzado)					
Rótulo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )
DM C7 – 01	20.0	10.0	78.5	15992	203.6

DM C7 – 02	20.0	10.0	78.5	16461	209.6
DM C7 – 03	20.0	10.0	78.5	17297	220.2
DM C7 – 04	20.0	10.0	78.5	17043	217.0
DM C7 – 05	20.0	10.0	78.5	16768	213.5
<b>f'c promedio:</b>					<b>212.8</b>

Fuente: Propia

Tabla 47.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con Z Membrana Blanco a 7 días*

Resistencia a la compresión – 7 días (Curador: Z Membrana Blanco)					
Rótulo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
DM Z7 – 01	20.0	10.0	78.5	15492	197.3
DM Z7 – 02	20.0	10.0	78.5	15017	191.2
DM Z7 – 03	20.0	10.0	78.5	14783	188.2
DM Z7 – 04	20.0	10.0	78.5	14696	187.1
DM Z7 – 05	20.0	10.0	78.5	14961	190.5
<b>f'c promedio:</b>					<b>190.9</b>

Fuente: Propia

Tabla 48.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con Per Membrana a 7 días*

Resistencia a la compresión – 7 días (Curador: Per Membrana)					
Rótulo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
DM AE7 – 01	20.0	10.0	78.5	14998	191.0
DM AE7 – 02	20.0	10.0	78.5	15016	191.2
DM AE7 – 03	20.0	10.0	78.5	15196	193.5
DM AE7 – 04	20.0	10.0	78.5	15478	197.1
DM AE7 – 05	20.0	10.0	78.5	15021	191.3
<b>f'c promedio:</b>					<b>192.8</b>

Fuente: Propia

Tabla 49.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con agua a 28 días*

Resistencia a la compresión – 28 días (Curador: Agua)					
Rótulo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )
DM P28 – 01	20.0	10.0	78.5	25773	328.2
DM P28 – 02	20.0	10.0	78.5	26163	333.1
DM P28 – 03	20.0	10.0	78.5	25395	323.3
DM P28 – 04	20.0	10.0	78.5	25481	324.4
DM P28 – 05	20.0	10.0	78.5	26092	332.2
f <sup>c</sup> promedio:					<b>328.3</b>

Fuente: Propia

Tabla 50.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con SikaCem a 28 días*

Resistencia a la compresión – 28 días (Curador: SikaCem Curador)					
Rótulo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )
DM S28 – 01	20.0	10.0	78.5	21861	278.3
DM S28 – 02	20.0	10.0	78.5	22186	282.5
DM S28 – 03	20.0	10.0	78.5	22512	286.6
DM S28 – 04	20.0	10.0	78.5	21391	272.4
DM S28 – 05	20.0	10.0	78.5	22073	281.0
f <sup>c</sup> promedio:					<b>280.2</b>

Fuente: Propia

Tabla 51.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con Curador Membranil Reforzado a 28 días*

Resistencia a la compresión – 28 días (Curador: Curador Membranil Reforzado)					
Rótulo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )
DM C28 – 01	20.0	10.0	78.5	19803	252.1

DM C28 – 02	20.0	10.0	78.5	19540	248.8
DM C28 – 03	20.0	10.0	78.5	20476	260.7
DM C28 – 04	20.0	10.0	78.5	18968	241.5
DM C28 – 05	20.0	10.0	78.5	20183	257.0
<b>f'c promedio:</b>					<b>252.0</b>

Fuente: Propia

Tabla 52.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con Z Membrana Blanco a 28 días*

Resistencia a la compresión – 28 días (Curador: Z Membrana Blanco)					
Rótulo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
DM Z28 – 01	20.0	10.0	78.5	19465	247.8
DM Z28 – 02	20.0	10.0	78.5	19883	253.2
DM Z28 – 03	20.0	10.0	78.5	20169	256.8
DM Z28 – 04	20.0	10.0	78.5	20496	261.0
DM Z28 – 05	20.0	10.0	78.5	20261	258.0
<b>f'c promedio:</b>					<b>255.3</b>

Fuente: Propia

Tabla 53.

*Resistencia a la compresión de probetas curadas con Per Membrana a 28 días*

Resistencia a la compresión – 28 días (Curador: Per Membrana)					
Rótulo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
DM AE28 – 01	20.0	10.0	78.5	18933	241.1
DM AE28 – 02	20.0	10.0	78.5	18509	235.7
DM AE28 – 03	20.0	10.0	78.5	19862	252.9
DM AE28 – 04	20.0	10.0	78.5	18178	231.4
DM AE28 – 05	20.0	10.0	78.5	19062	242.7
<b>f'c promedio:</b>					<b>240.8</b>

Fuente: Propia.

### 2.8.6.7. Comparación de resultados con lo estipulado en el ACI 318-19.

- Se calculó el 85% del promedio de la resistencia a la compresión de cilindros curados de forma estándar, según el requisito (1) del capítulo 26.5.3.2, acáp. (e) del ACI 318-19 en la que nos basamos para cada edad de curado.

Curado a 3 días

$$85\% * 186.0 \frac{kg}{cm^2} = 158.1 \frac{kg}{cm^2}$$

Curado a 7 días

$$85\% * 244.9 \frac{kg}{cm^2} = 208.2 \frac{kg}{cm^2}$$

Curado a 28 días

$$85\% * 328.3 \frac{kg}{cm^2} = 279.1 \frac{kg}{cm^2}$$

- Se calculó la resistencia a la compresión según el requisito (2) del capítulo 26.5.3.2, acáp. (e) del ACI 318-19 en la que nos basamos, quedando de la siguiente manera:

$$f'c = 21Mpa + 3.5 Mpa = 24.5 Mpa \text{ ó } 245 kg/cm^2$$

### 2.8.6.8. Identificación del curador más eficiente.

Con los valores de resistencia a la compresión promedio de los cilindros curados con los diferentes compuestos químicos a edades de 3,7 y 28 días; se identificó el curador que obtuvo la mayor resistencia promedio, siendo éste el más eficiente solo si cumple con lo estipulado en el ACI 318-19.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Caracterización de agregados

Tabla 54.

*Caracterización del agregado fino*

<b>AGREGADO FINO (ARENA ZARANDEADA)</b>			
<b>Ensayo</b>	<b>U.M.</b>	<b>Norma</b>	<b>Resultado</b>
Contenido de humedad	%	NTP 339.185	0.6
Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>	NTP 400.022	2.65
Absorción	%	NTP 400.022	0.8
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	NTP 400.017	1587
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	NTP 400.017	1762
Material pasante malla # 200	%	NTP 400.018	4.3
Módulo de finura	-	NTP 400.037	2.84

Se presenta el resumen de la caracterización del agregado fino, mostrando el resultado y la normativa que siguió cada ensayo; donde se observa un módulo de finura de 2.84, el cual cumple con el rango establecido por la NTP.400.037 de 2.3 a 3.1; siendo el único ensayo que nos proporciona un rango de aceptación. La norma antes mencionada también nos establece los límites máximos y mínimos que la gradación de este agregado debe cumplir.

Fuente: Propia.

Tabla 55.

*Caracterización del agregado grueso*

<b>AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)</b>			
<b>Ensayo</b>	<b>U.M.</b>	<b>Norma</b>	<b>Resultado</b>
Contenido de humedad	%	NTP 339.185	0.3
Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>	NTP 400.021	2.69
Absorción	%	NTP 400.021	0.9
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	NTP 400.017	1450
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	NTP 400.017	1581
Material pasante malla # 200	%	NTP 400.018	0.4
Módulo de finura	-	-	6.58
Huso	-	-	67

Se presenta el resumen de la caracterización del agregado grueso, mostrando el resultado y la normativa que siguió cada ensayo; donde se observa la clasificación de Huso67 por los porcentajes pasantes de sus mallas según la NTP.400.037; dicha norma también nos establece los límites máximos y mínimos que la gradación de este agregado debe cumplir.

Fuente: Propia.

### 3.2. Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 56.

*Diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , por el método ACI 211*

Material	Volumen (m3)	Peso (kg/m3)	Tanda 30L (kg)
Cemento Tipo I	0.118	367	11.01
Agua	0.212	212	6.36
Agregado Grueso	0.363	977	29.31
Agregado Fino	0.297	788	23.64
Aire	0.020	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>1.000</b>	<b>2344</b>	<b>70.32</b>

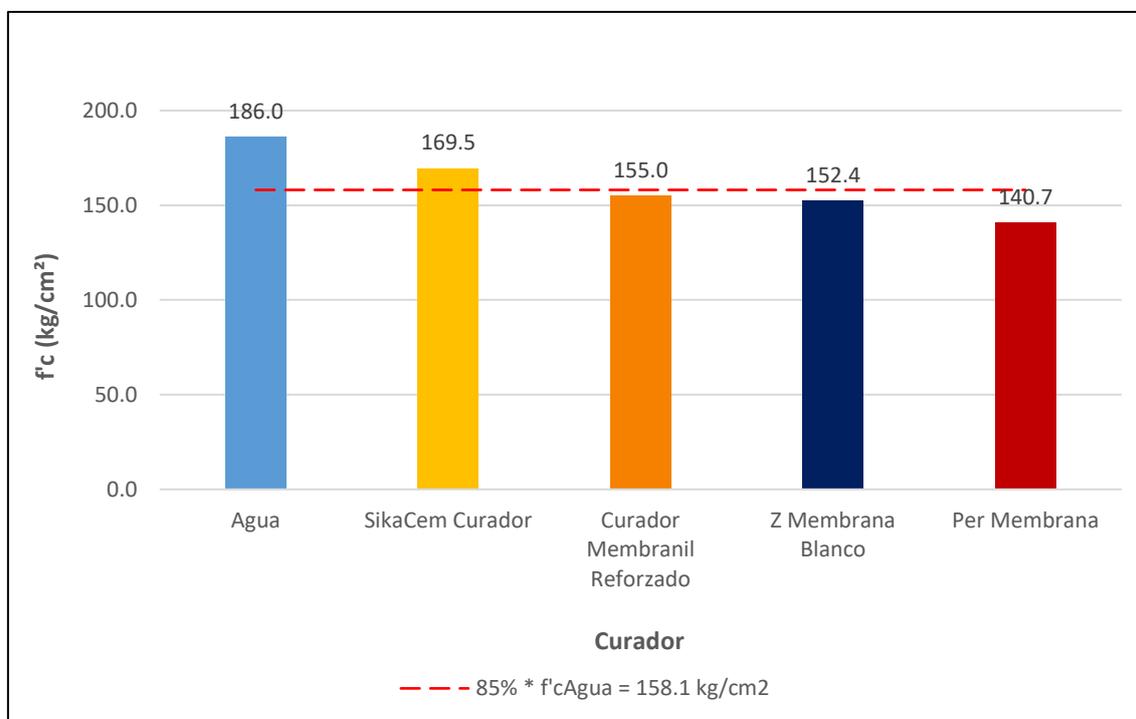
Se presenta el resumen del diseño de mezcla realizado por el método ACI 211, mostrando los pesos húmedos de cada material por metro cúbico de concreto. Estos pesos se proyectaron para una tanda de 30L para satisfacer con la NTP.339.036 que nos limita a tandas de 28L como mínimo.

Fuente: Propia.

### 3.3. Resistencia a la compresión del concreto

Figura 5.

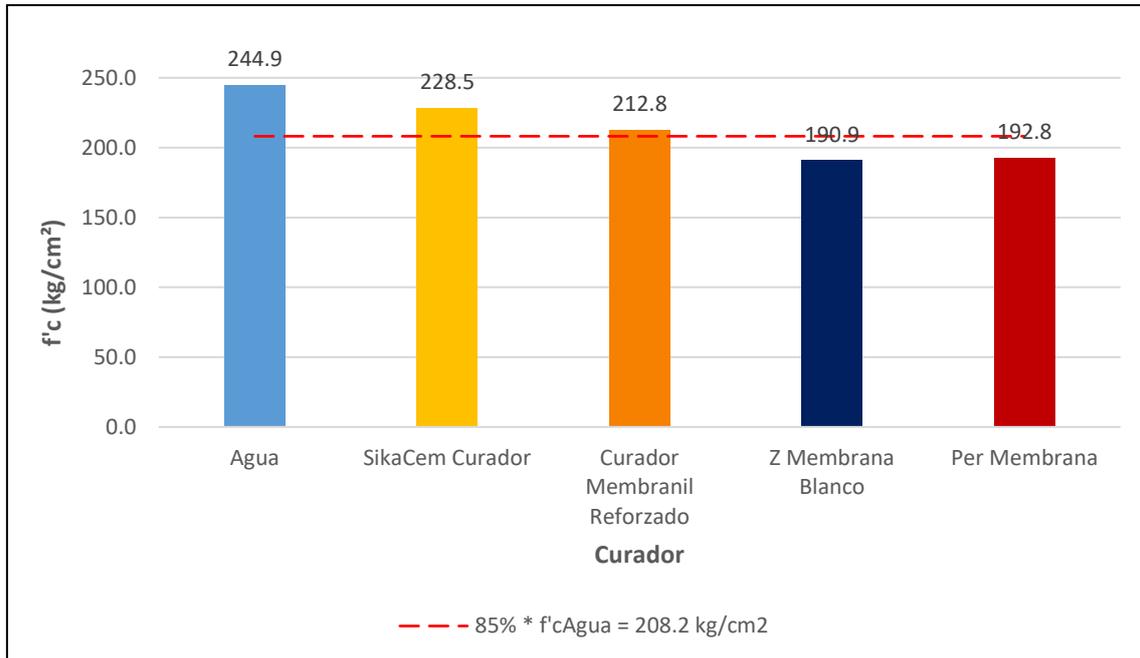
*Resistencia a la compresión promedio (3 días)*



Se presenta el gráfico estadístico de barras como representación de la resistencia a la compresión promedio de las probetas de concreto curadas a 3 días; observando que el curado con agua alcanzó la mayor resistencia, seguido de Sikacem Curador, Curador Membranil Reforzado, Z Membrano Blanco y Per Membrana con valores de 186 kg/cm<sup>2</sup>, 169.5 kg/cm<sup>2</sup>, 155 kg/cm<sup>2</sup>, 152.4 kg/cm<sup>2</sup> y 140.7 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Figura 6.

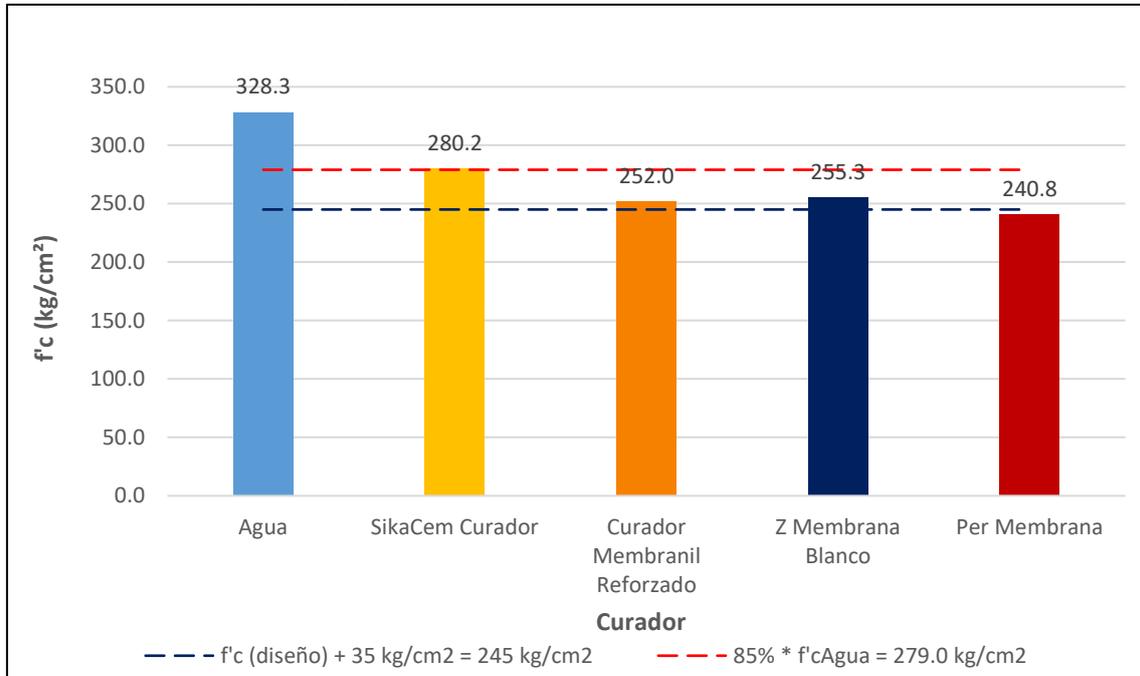
*Resistencia a la compresión promedio (7 días)*



Se presenta el gráfico estadístico de barras como representación de la resistencia a la compresión promedio de las probetas de concreto curadas a 7 días; observando que el curado con agua alcanzó la mayor resistencia, seguido de Sikacem Curador, Curador Membranil Reforzado, Per Membrana y Z Membrano Blanco con 244.9 kg/cm<sup>2</sup>, 228.5 kg/cm<sup>2</sup>, 212.8 kg/cm<sup>2</sup>, 192.8 kg/cm<sup>2</sup> y 190.9 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Figura 7.

*Resistencia a la compresión promedio (28 días)*



Se presenta el gráfico estadístico de barras como representación de la resistencia a la compresión promedio de las probetas de concreto curadas a 28 días; observando que el curado con agua alcanzó la mayor resistencia, seguido de Sikacem Curador, Z Membrano Blanco, Curador Membranil Reforzado y Per Membrana con 328.3 kg/cm<sup>2</sup>, 280.2 kg/cm<sup>2</sup>, 255.3 kg/cm<sup>2</sup>, 252.0 kg/cm<sup>2</sup> y 240.8 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

### 3.4. Cumplimiento de los requisitos enfocados del ACI 318-19

Tabla 57.

Verificación de resultados según criterio ACI 318-19 (Curado a 3 días)

<b>CURADOR</b>						
	Agua	SikaCem Curador	Curador Membranil Reforzado	Z Membrana Blanco	Per Membrana	
<b>f'c</b>						
<b>promedio</b>	186.0	169.5	155.0	152.4	140.7	
<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
<b>CRITERIO ACI 318 - 19</b>						
<b>≥ 85% f'c</b>						
<b>(1)</b>	<b>promedio</b>	158.1	169.5 > 158.1	155.0 < 158.1	152.4 < 158.1	140.7 < 158.1
	<b>patrón</b>		(Sí cumple)	(No cumple)	(No cumple)	(No cumple)
<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
<b>≥ 3.5 Mpa</b>						
<b>(2)</b>	<b>f'c diseño</b>	245.0	169.5 < 245	155.0 < 245	152.4 < 245	140.7 < 245
			(No cumple)	(No cumple)	(No cumple)	(No cumple)
<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
<b>CUMPLE CON (1) ó (2)</b>		<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	

Se presenta el resumen de la verificación de los resultados según criterio ACI 318-19 para la edad de curado de 3 días; observando que, a esta edad, SikaCem Curador es el único en cumplir con al menos 1 de los 2 requisitos del criterio, ya que alcanza una resistencia promedio  $\geq 85\%$  de la resistencia promedio arrojada por los cilindros curados con agua; por lo que es considerado como procedimiento de curado adecuado.

Fuente: Propia.

Tabla 58.

Verificación de resultados según criterio ACI 318-19 (Curado a 7 días)

<b>CURADOR</b>						
	Agua	SikaCem Curador	Curador Membranil Reforzado	Z Membrana Blanco	Per Membrana	
<b>f'c</b>						
<b>promedio</b>	244.9	228.5	212.8	190.9	192.8	
<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
<b>CRITERIO ACI 318 - 19</b>						
<b>(1)</b>	<b>≥ 85% f'c</b>	208.2	228.5 > 208.2	212.8 > 208.2	190.9 < 208.2	192.8 < 208.2
	<b>promedio</b>		(Sí cumple)	(Sí cumple)	(No cumple)	(No cumple)

<b>patrón</b>						
<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
<b>≥ 3.5 Mpa</b>						
<b>(2)</b>	<b>f'c diseño</b>	245.0	228.5 < 245 (No cumple)	212.8 < 245 (No cumple)	190.9 < 245 (No cumple)	192.8 < 245 (No cumple)
<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
<b>CUMPLE CON (1) ó (2)</b>		<b>SÍ</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	

Se presenta el resumen de la verificación de los resultados según criterio ACI 318-19 para la edad de curado de 7 días; observando que, a esta edad, SikaCem Curador y Curador Membranil Reforzado fueron los que cumplieron con al menos 1 de los 2 requisitos del criterio, ya que alcanzaron resistencias promedio  $\geq$  al 85% de la resistencia promedio arrojada por los cilindros curados con agua; por lo que son considerados como procedimientos de curado adecuado.

Fuente: Propia.

Tabla 59.

Verificación de resultados según criterio ACI 318-19 (Curado a 28 días)

<b>CURADOR</b>						
	<b>Agua</b>	<b>SikaCem Curador</b>	<b>Curador Membranil Reforzado</b>	<b>Z Membrana Blanco</b>	<b>Per Membrana</b>	
<b>f'c</b>						
<b>promedio</b>	328.3	280.2	252.0	255.3	240.8	
<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
<b>CRITERIO ACI 318 - 19</b>						
<b>≥ 85% f'c</b>						
<b>(1)</b>	<b>promedio patrón</b>	279.0	280.2 > 279.0 (Sí cumple)	252.0 < 279.0 (No cumple)	255.3 < 279.0 (No cumple)	240.8 < 279.0 (No cumple)
<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
<b>≥ 3.5 Mpa</b>						
<b>(2)</b>	<b>f'c diseño</b>	245.0	280.2 > 245 (Sí cumple)	252.0 > 245 (Sí cumple)	255.3 > 245 (Sí cumple)	240.8 < 245 (No cumple)
<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
<b>CUMPLE CON (1) ó (2)</b>		<b>SÍ</b>	<b>SÍ</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	

Se presenta el resumen de la verificación de los resultados según criterio ACI 318-19 para la edad de curado de 28 días; observando que, a esta edad, SikaCem Curador fue el único en cumplir con el primer requisito del criterio, ya que alcanzó una resistencia promedio  $\geq$  al 85% de la resistencia promedio arrojada por los cilindros curados con agua. Asimismo, todos los curadores, excepto Per Membrana, cumplieron con el segundo requisito del criterio, ya que alcanzaron resistencias  $\geq$  (21Mpa + 3.5Mpa); por lo que son considerados como procedimientos de curado adecuado.

Fuente: Propia.

### 3.5. Compuesto químico de curado de concreto más eficiente

Tabla 60.

*Análisis e identificación del compuesto químico de curado de concreto más eficiente a 3 días*

<b>CURADOR</b>					
	<b>Agua</b>	<b>SikaCem Curador</b>	<b>Curador Membranil Reforzado</b>	<b>Z Membrana Blanco</b>	<b>Per Membrana</b>
<b>f'c</b>					
<b>promedio</b>	186.0	169.5	155.0	152.4	140.7
<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>					
<b>Compuesto químico de curado más eficiente (3 días)</b>			SikaCem Curador		

Se presenta a SikaCem Curador como el más eficiente a la edad de curado de 3 días, por alcanzar el mayor valor de resistencia a la compresión promedio respecto a los demás curadores químicos, además de cumplir con el criterio ACI 318-19.

Fuente: Propia.

Tabla 61.

*Análisis e identificación del compuesto químico de curado de concreto más eficiente a 7 días*

<b>CURADOR</b>					
	<b>Agua</b>	<b>SikaCem Curador</b>	<b>Curador Membranil Reforzado</b>	<b>Z Membrana Blanco</b>	<b>Per Membrana</b>
<b>f'c</b>					
<b>promedio</b>	244.9	228.5	212.8	190.9	192.8
<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>					
<b>Compuesto químico de curado más eficiente (7 días)</b>			SikaCem Curador		

Se presenta a SikaCem Curador como el más eficiente a la edad de curado de 7 días, por alcanzar el mayor valor de resistencia a la compresión promedio respecto a los demás curadores químicos, además de cumplir con el criterio ACI 318-19.

Fuente: Propia.

Tabla 62.

*Análisis e identificación del compuesto químico de curado de concreto más eficiente a 28 días*

<b>CURADOR</b>					
	<b>Agua</b>	<b>SikaCem Curador</b>	<b>Curador Membranil Reforzado</b>	<b>Z Membrana Blanco</b>	<b>Per Membrana</b>
<b>f'c</b>					
<b>promedio (kg/cm2)</b>	328.3	280.2	252.0	255.3	240.8
<b>Compuesto químico de curado más eficiente (28 días)</b>				SikaCem Curador	

Se presenta a SikaCem Curador como el más eficiente a la edad de curado de 28 días, por alcanzar el mayor valor de resistencia a la compresión promedio respecto a los demás curadores químicos, además de cumplir con el criterio ACI 318-19.

Fuente: Propia.

### 3.6. Prueba de hipótesis

#### 3.6.1. Análisis de distribución normal

Tabla 63.

*Prueba de normalidad a los 3 días de curado*

<b>Prueba de normalidad a los 3 días de curado</b>			
<b>Curador</b>	<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl.</b>	<b>Sig.</b>
Agua 85% (Requisito1)	0,905	5	0,437
SikaCem Curador	0,895	5	0,383
Curador Membranil Reforzado	0,969	5	0,871
Z Membrana Blanco	0,959	5	0,800
Per Membrana	0,976	5	0,911

Se presenta la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para los datos de resistencia a la compresión promedio alcanzados por los cilindros de concreto curados con los compuestos químicos a la edad de 3 días, además de considerar también el primer requisito del criterio ACI 318-19; con la finalidad de determinar si se acepta o se rechaza, en base a su significancia, la hipótesis nula que plantea, la cual indica que la muestra sigue una distribución normal a esta edad de curado.

Fuente: Propia.

Tabla 64.

*Prueba de normalidad a los 7 días de curado*

<b>Prueba de normalidad a los 7 días de curado</b>			
<b>Curador</b>	<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl.</b>	<b>Sig.</b>
Agua 85% (Requisito1)	0,806	5	0,090
SikaCem Curador	0,972	5	0,886
Curador Membranil Reforzado	0,979	5	0,932
Z Membrana Blanco	0,895	5	0,381
Per Membrana	0,786	5	0,062

Se presenta la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para los datos de resistencia a la compresión promedio alcanzados por los cilindros de concreto curados con los compuestos químicos a la edad de 7 días, además de considerar también el primer requisito del criterio ACI 318-19; con la finalidad de determinar si se acepta o se rechaza, en base a su significancia, la hipótesis nula que plantea, la cual indica que la muestra sigue una distribución normal a esta edad de curado.

Fuente: Propia.

Tabla 65.

*Prueba de normalidad a los 28 días de curado*

<b>Prueba de normalidad a los 28 días de curado</b>			
<b>Curador</b>	<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl.</b>	<b>Sig.</b>
Agua 85% (Requisito1)	0,902	5	0,421
SikaCem Curador	0,981	5	0,941
Curador Membranil Reforzado	0,982	5	0,947
Z Membrana Blanco	0,961	5	0,813
Per Membrana	0,965	5	0,845

Se presenta la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para los datos de resistencia a la compresión promedio alcanzados por los cilindros de concreto curados con los compuestos químicos a la edad de 28 días, además de considerar también el primer requisito del criterio ACI 318-19; con la finalidad de determinar si se acepta o se rechaza, en base a su significancia, la hipótesis nula que plantea, la cual indica que la muestra sigue una distribución normal a esta edad de curado.

Fuente: Propia.

### 3.6.2. Análisis de varianza

Tabla 66.

*Análisis de varianza a 3 días de curado*

<b>ANOVA de un factor a 3 días de curado</b>					
	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Inter-grupos	2158.972	4	539.743	25.842	.000
Intra-grupos	417.728	20	20.886		
Total	2576.700	24			

Luego de determinar que la muestra sigue una distribución normal mediante la prueba Shapiro-Wilk, se presenta la prueba ANOVA de un factor a la edad de 3 días de curado. Ésta trabaja con los mismos valores, con la finalidad de determinar, en base a su significancia, si se acepta o se rechaza la hipótesis alternativa planteada, la cual indica que los compuestos químicos de curado influyen positivamente en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19.

Fuente: Propia.

Tabla 67.

*Análisis de varianza a 7 días de curado*

<b>ANOVA de un factor a 7 días de curado</b>					
	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Inter-grupos	4780.294	4	1195.074	53.426	.000
Intra-grupos	447.372	20	22.369		
Total	5227.666	24			

Luego de determinar que la muestra sigue una distribución normal mediante la prueba Shapiro-Wilk, se presenta la prueba ANOVA de un factor a la edad de 7 días de curado. Ésta trabaja con los mismos valores, con la finalidad de determinar, en base a su significancia, si se acepta o se rechaza la hipótesis alternativa planteada, la cual indica que los compuestos químicos de curado influyen positivamente en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19.

Fuente: Propia.

Tabla 68.

*Análisis de varianza a 28 días de curado*

<b>ANOVA de un factor a 28 días de curado</b>					
	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Inter-grupos	7193.716	5	1438.743	45.629	.000
Intra-grupos	756.752	24	31.531		
Total	7950.468	29			

Luego de determinar que la muestra sigue una distribución normal mediante la prueba Shapiro-Wilk, se presenta la prueba ANOVA de un factor a la edad de 28 días de curado. Ésta trabaja con los mismos valores, con la finalidad de determinar, en base a su significancia, si se acepta o se rechaza la hipótesis alternativa planteada, la cual indica que los compuestos químicos de curado influyen positivamente en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19.

Fuente: Propia.

### 3.6.3. Análisis posprueba

Tabla 69.

*Diferencia de resistencias promedio a la compresión del concreto según el curado a 3 días*

<b>Resistencia a la compresión del concreto a los 3 días de curado</b>				
<b>HSD de Tukey<sup>a</sup></b>				
<b>CURADORES</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto para alfa = 0.05</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Per Membrana	5	140.7400		
Z Membrana Blanco	5		152.3600	
Curador Membranil Reforzado	5		155.0400	
Agua 85% (Requisito 1)	5		158.1000	
SikaCem Curador	5			169.5600
Sig.		1,000	,308	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 5,000.

Luego de aceptar la hipótesis alternativa mediante la prueba ANOVA, la cual indica que los compuestos químicos de curado influyen positivamente en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19; se presenta la post prueba Tukey a la edad de 3 días de curado, para determinar qué compuesto químico de curado es el que presenta la mayor influencia positiva.

Fuente: Propia.

Tabla 70.

*Diferencia de resistencias promedio a la compresión del concreto según el curado a 7 días*

<b>Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días de curado</b>				
<b>HSD de Tukey<sup>a</sup></b>				
<b>CURADORES</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto para alfa = 0.05</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Z Membrana Blanco	5	190.8600		
Per Membrana	5	192.8200		
Agua 85% (Requisito 1)	5		208.1400	
Curador Membranil	5		212.7800	
Reforzado				
SikaCem Curador	5			228.4600
<b>Sig.</b>		<b>.964</b>	<b>.543</b>	<b>1,000</b>

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 5,000.

Luego de aceptar la hipótesis alternativa mediante la prueba ANOVA, la cual indica que los compuestos químicos de curado influyen positivamente en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19; se presenta la post prueba Tukey a la edad de 7 días de curado, para determinar qué compuesto químico de curado es el que presenta la mayor influencia positiva.

Fuente: Propia.

Tabla 71.

*Diferencia de resistencias promedio a la compresión del concreto según el curado a 28 días*

<b>Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de curado</b>				
<b>HSD de Tukey<sup>a</sup></b>				
<b>CURADORES</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto para alfa = 0.05</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Per Membrana	5	240.7600		
f <sup>c</sup> + 3.5Mpa (Requisito 2)	5	245.0000	245.0000	
Curador Membranil	5		252.0200	
Reforzado				
Z Membrana Blanco	5		255.3600	

Agua 85% (Requisito 1)	5			279.0200
SikaCem Curador	5			280.1600
Sig.		.835	.072	.999

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 5,000.

Luego de aceptar la hipótesis alternativa mediante la prueba ANOVA, la cual indica que los compuestos químicos de curado influyen positivamente en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19; se presenta la post prueba Tukey a la edad de 28 días de curado, para determinar qué compuesto químico de curado es el que presenta la mayor influencia positiva.

Fuente: Propia.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Los resultados obtenidos de resistencia a la compresión promedio por cada curador, fueron evaluados bajo la prueba Shapiro-Wilk, con una significancia del 5%, para determinar la distribución de normalidad. Los resultados de esta prueba se detallan en las tablas N° 63, N°64 y N°65 según la edad de curado; en las cuales se aprecia que las significancias por cada tipo de curador son mayores a 0.05, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula, lo que quiere decir que cumple con una distribución normal; por lo tanto, se realizó la validación de hipótesis de este estudio con pruebas paramétricas de análisis de varianza con ayuda de la prueba estadística de ANOVA, detallándose los resultados en las tablas N° 66, N°67 y N°68 según la edad de curado; en las cuales se observa que los valores de significancia son menores a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, concluyendo que, los compuestos químicos de curado tienen efecto positivo en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19. Finalmente, se realizó la pos prueba paramétrica Tukey para determinar cuándo es que existe este efecto positivo en la resistencia a la compresión del concreto, obteniendo a los 3 días de curado a SikaCem Curador con un valor de 169.5 kg/cm<sup>2</sup> y una significancia de

1.00 con respecto a los concretos curados con los demás compuestos químicos. A los 7 días de curado, SikaCem Curador es el que tiene mayor efecto positivo, con un valor de 228.5 kg/cm<sup>2</sup> y una significancia de 1.00; seguido por el Curador Membranil Reforzado, con un valor de 212.8 kg/cm<sup>2</sup> y una significancia de 0.543 con respecto a los concretos curados con los demás compuestos químicos. Por último, a los 28 días de curado, SikaCem Curador mantiene el mayor efecto positivo en la resistencia a la compresión del concreto, con un valor de 280.2 kg/cm<sup>2</sup> y una significancia de 0.999, respecto a los concretos curados con los demás compuestos químicos, teniendo en cuenta el primer y segundo criterio de aceptación del ACI 318-19; seguido de los curadores Z Membrana Blanco y Curador Membranil Reforzado, con valores de 255.3 kg/cm<sup>2</sup> y 252.0 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, y misma significancia de 0.072, pero solo para el segundo criterio de aceptación del ACI 318-19.

Para realizar el diseño de mezcla del concreto se debe conocer las características físicas de los agregados; por ello, en primer lugar, se realizó la caracterización del agregado fino, empezando por el análisis granulométrico según la NTP.400.012, donde se obtuvo al tamiz N°4 como primer retenido; el porcentaje que pasa por cada tamiz está dentro de los límites mínimos y máximos establecidos por la NTP.400.037, asimismo el agregado fino no presenta deficiencias en los tamices N° 50 y 100 lo que significa, según la norma mencionada anteriormente, que el agregado no dificultará la trabajabilidad, bombeo ni producirá excesiva exudación en el concreto; por otra parte, el módulo de finura obteniendo fue de 2.84, clasificándola como arena gruesa según la NTP 400.037, pues se encuentra dentro del rango establecido entre 2.3 y 3.1. El ensayo de contenido de humedad de esta investigación realizado a 2 muestras, como indica la NTP.339.185, arrojó como resultado promedio 0.6%. El ensayo de peso específico realizado a 2 muestras siguiendo la NTP.400.022,

dio como resultado 2.65 gr/cm<sup>3</sup>; para el ensayo de absorción se siguió la misma norma, arrojando un valor de 0.8%. Para el peso unitario suelto y compactado, tenemos como resultados 1587 kg/m<sup>3</sup> y 1762 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, siguiendo para ambos la NTP 400.017; sin embargo, a diferencia del ensayo de granulometría, todas estas normas mencionadas no establecen rangos para calificar, aceptar o rechazar al agregado según sus valores obtenidos. En segundo lugar se realizó la caracterización del agregado grueso, empezando por el análisis granulométrico de piedra chancada según la NTP.400.012, obteniendo al tamiz de 3/4'' como tamaño máximo nominal y, por ende, a 1'' como tamaño máximo, calificando como agregado de Huso 67; el porcentaje que pasa por cada tamiz está dentro de los límites mínimos y máximos establecidos por la NTP.400.037; de igual forma, esta norma brinda un límite de 1% de materiales finos que pasan por la malla N°200 para el agregado grueso, lo cual en la presente investigación se cumple al obtener un valor de 0.4%. El ensayo de contenido de humedad de esta investigación realizado a 2 muestras como indica la norma NTP.339.185, arrojó como resultado promedio 0.3%. El ensayo de peso específico realizado a 2 muestras siguiendo la NTP.400.021, dio como resultado 2.69 gr/cm<sup>3</sup>; para el ensayo de absorción se siguió la misma norma, obteniendo un valor de 0.9%. Para el peso unitario suelto y compactado tenemos como resultados 1450 kg/m<sup>3</sup> y 1581 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, siguiendo para ambos la NTP.400.017; sin embargo, a diferencia del ensayo de granulometría, todas estas normas mencionadas no establecen rangos para calificar, aceptar o rechazar al agregado según sus valores obtenidos. Teniendo en cuenta los valores obtenidos de la caracterización de agregados, la ficha técnica del cemento Pacasmayo tipo I y considerando un asentamiento plástico teórico de 3''-4'', se realizó el diseño de mezcla por el método ACI 211, con el cual se obtuvo el peso de cada material para elaborar el concreto,

posteriormente se proyectó para una tanda de 30L, lo que significa que la cantidad de nuestro concreto es adecuado para tomarlo como muestra para el ensayo de resistencia, ya que la NTP.339.036 nos dice que se debe tener como mínimo 28L (1 pie<sup>3</sup>). En las figuras N°5, N°6 y N°7 se aprecian las resistencias a la compresión promedio de cilindros de concreto, curados a diferentes edades, teniendo como mejor curador al agua en todos los casos, ya que obtiene una resistencia mayor que los curados con compuestos químicos, sin embargo, esto no significa que sea malo, es por eso que el ACI 318-19 nos da 2 requisitos a tener en cuenta para calificarlos como procedimientos de curado adecuado si es que cumplen con al menos uno de ellos. Siguiendo esta normativa mencionada, podemos observar en la tabla N°57 que la resistencia a la compresión promedio de los cilindros curados a 3 días con el compuesto químico SikaCem Curador llega a 169.5 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el único compuestos químicos de curado del concreto en superar a 158.1 kg/cm<sup>2</sup> correspondiente al 85% de la resistencia de cilindros curados a 3 días de forma estándar, calificando como procedimiento de curado adecuado, esto se debe a que cumple con el primer requisito de la norma, aunque no cumpla con el segundo, ya que no llega a los 245 kg/cm<sup>2</sup>. De la misma forma, en la tabla N°58 podemos ver que la resistencia a la compresión promedio de los cilindros curados a 7 días con los compuestos químicos SikaCem Curador y Curador Membranil Reforzado llegan a 228.5 kg/cm<sup>2</sup> y 212.8 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, superando así los 208.2 kg/cm<sup>2</sup> correspondiente al 85% de la resistencia de cilindros curados a 7 días de forma estándar, esto significa que, aunque no llegue a 245 kg/cm<sup>2</sup>, ya son considerados como procedimientos de curado adecuado, porque cumple con al menos 1 de los 2 requisitos ya mencionados. Por otro lado, a los 28 días de curado, en la tabla N°59 se observa que el compuesto químico SikaCem Curador cumple con ambos requisitos,

en primer lugar, porque alcanza una resistencia de 280.2 kg/cm<sup>2</sup>, superando los 279.0 kg/cm<sup>2</sup> correspondientes al 85% de la resistencia de cilindros curados de forma estándar a esa edad; y, en segundo lugar, porque supera los 245 kg/cm<sup>2</sup> correspondientes al  $f'_c$  diseño + 3.5Mpa. Asimismo, los compuestos Z Membrana Blanco y Curador Membranil Reforzado también cumplen con el segundo requisito de la norma, alcanzando resistencias de 255.3 kg/cm<sup>2</sup> y 252.0 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, superando los 245 kg/cm<sup>2</sup> de requisito; calificando todos ellos como procedimientos de curado adecuados a esta edad, con excepción del curador Per Membrana, pues solo alcanzó 240.8 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, en las tablas N°60, N°61 y N°62 se aprecia como compuesto químico de curado de concreto más eficiente para todas las edades ensayadas (3,7 y 28 días), a SikaCem Curador; esto significa que logró una resistencia a la compresión promedio mayor que la de los demás compuestos químicos y además cumple con el criterio de aceptación del ACI 318-19.

La presente investigación tuvo por objetivo principal determinar la eficiencia de los compuestos químicos de curado en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318 – 19, Trujillo 2020; considerando como primer antecedente la investigación de Aguilar (2019), quién concluyó que los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión fueron mayores para cilindros curados por inmersión en agua respecto a los especímenes curados por medio de compuestos químicos a edades de 3,7 y 28 días; y eso lo podemos comparar con nuestro estudio, llegando al mismo resultado, pues la resistencia promedio a la compresión del concreto de especímenes curados a la edad de 3 días fue de 186.0 kg/cm<sup>2</sup>, siendo mayor respecto a los curados con SikaCem Curador, quién obtuvo 169.5 kg/cm<sup>2</sup>, Curador Membranil Reforzado con 155.0 kg/cm<sup>2</sup>, Z Membrana

Blanco con 152.4 kg/cm<sup>2</sup> y Per Membrana con 140.7 kg/cm<sup>2</sup>; de igual forma, la resistencia promedio a la compresión del concreto de especímenes curados de forma estándar a la edad de 7 días fue de 244.9 kg/cm<sup>2</sup>, siendo mayor respecto a los curados con SikaCem Curador, quién obtuvo 228.5 kg/cm<sup>2</sup>, Curador Membranil Reforzado con 212.8 kg/cm<sup>2</sup>, Z Membrana Blanco con 190.9 kg/cm<sup>2</sup> y Per Membrana con 192.8 kg/cm<sup>2</sup>; finalmente, la resistencia promedio a la compresión del concreto de especímenes curados de forma estándar a la edad de 28 días fue de 328.3 kg/cm<sup>2</sup>, siendo mayor respecto a los curados con SikaCem Curador, quién obtuvo 280.2 kg/cm<sup>2</sup>, Curador Membranil Reforzado con 252.0 kg/cm<sup>2</sup>, Z Membrana Blanco con 255.3 kg/cm<sup>2</sup> y Per Membrana con 240.8 kg/cm<sup>2</sup>.

Otro antecedente es la investigación de Villegas y Corrales (2014), quienes concluyeron que concretos curados por inmersión en agua tienen en promedio una resistencia a la compresión mayor en 39.22 kg/cm<sup>2</sup> respecto a los curados con el compuesto químico Sika Antisol, representando el 21%; con ello, podemos comparar con nuestro estudio, donde, los concretos curados a la edad de 3 días por inmersión en agua tuvieron en promedio una resistencia a la compresión mayor en 16.5 kg/cm<sup>2</sup> respecto al curador SikaCem, 31.0 kg/cm<sup>2</sup> respecto a Curador Membranil Reforzado, 33.7 kg/cm<sup>2</sup> respecto a Z Membrana Blanco y 45.3 kg/cm<sup>2</sup> respecto a Per Membrana; representando así el 8.9%, 16.7%, 18.1% y 24.4% respectivamente. De la misma forma, los concretos curados a la edad de 7 días por inmersión en agua tuvieron en promedio una resistencia a la compresión mayor en 16.4 kg/cm<sup>2</sup> respecto al curador SikaCem, 32.1 kg/cm<sup>2</sup> respecto a Curador Membranil Reforzado, 54.0 kg/cm<sup>2</sup> respecto a Z Membrana Blanco y 52.1 kg/cm<sup>2</sup> respecto a Per Membrana; representando el 6.7%, 13.1%, 22.0% y 21.3% respectivamente; por último, los concretos curados a la edad de 28 días por inmersión en agua tuvieron en promedio

una resistencia a la compresión mayor en 48.1 kg/cm<sup>2</sup> respecto al curador SikaCem, 76.2 kg/cm<sup>2</sup> respecto al Curador Membranil Reforzado, 72.9 kg/cm<sup>2</sup> respecto al Z Membrana Blanco y 87.5 kg/cm<sup>2</sup> respecto al Per Membrana; representando el 14.7%, 23.2%, 22.2% y 26.7% respectivamente, lo que significa que el agua es el mejor curador para cualquier edad de ensayo que se designe.

Se tiene como otro antecedente la investigación realizada por Jácobo (2019), quien muestra que, a la edad de 28 días, los cilindros curados con agua alcanzan una resistencia a la compresión del concreto de 204 kg/cm<sup>2</sup>, seguido de SikaCem Curador con un valor de 180.25 kg/cm<sup>2</sup> y del curador Membranil Vista con un valor de 170.50 kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que, el agua otorga mayor resistencia a la compresión del concreto respecto a sus curadores usados; de la misma forma nuestros resultados ya mencionados anteriormente confirman este hallazgo.

Por su parte, el antecedente realizado por Loya (2018), evalúa la resistencia a la compresión del curado de concreto en obra, usando Membranil curador, rociado de agua, telas o yute, medio ambiente; y en laboratorio, usando el método de inmersión en agua; donde las probetas fueron curadas según sea el caso y expuestas a las mismas condiciones climatológicas, obteniendo a los 28 días de curado en obra, una resistencia a la compresión promedio de 398.39 kg/cm<sup>2</sup> para rociados con agua, 381.95 kg/cm<sup>2</sup> para cubiertas con mantas húmedas y 342.47 kg/cm para Membranil curador; mientras que las curadas en laboratorio, sumergido en agua, obtienen una resistencia de 459.32 kg/cm<sup>2</sup>. Realizamos la comparación de nuestra investigación con el antecedente presentado y concluimos que se tiene al agua como alternativa más efectiva de curado del concreto a cualquier edad, reforzando así la tendencia marcada por los autores mencionados anteriormente.

De la misma forma, Luna (2020), en su investigación nos dice que en efectos de compresión, el uso de compuestos químicos como curadores sí satisfacen los requerimientos, lo cual, esta información es importante para nuestro estudio, ya que está relacionada con nuestra variable dependiente que es la resistencia a la compresión del concreto; y al igual que él, se demostró que algunos compuestos químicos cumplen lo previsto pero siempre el método de curado por inmersión en agua o también llamado estándar logrará mejores resistencias.

Finalmente, teniendo en cuenta lo mencionado, Horna (2018) en su investigación llegó al mismo resultado, donde los curadores que usó cumplieron con su diseño, sin embargo, acota que debemos realizar el curado de forma correcta siguiendo las indicaciones del producto, puesto que nos dice que, al agregar más de 1 capa en 3 de sus 4 aditivos estudiados, perjudicó la resistencia a la compresión, por eso es importante la revisión de la ficha técnica del producto. También podemos rescatar que la temperatura influye en el proceso de curado, por esa razón, nos sugiere trabajar a una temperatura cercana a los 20°C, lo cual concuerda con nuestro desarrollo ya que trabajamos a una temperatura de 22.2°C.

La principal limitante para la realización de esta investigación fue la coyuntura por la que se encontraba el país y el mundo, puesto que nuestro estudio es experimental y encontrar un laboratorio certificado para la realización de nuestros ensayos y con el permiso correspondiente de funcionamiento fue difícil, asimismo, la adquisición de los curadores químicos, ya que no se encontraba stock de todos los que se necesitaba. Sin embargo, con el transcurso de las semanas conseguimos un laboratorio dentro de la ciudad de estudios con todos los permisos correspondientes y cumpliendo con los protocolos de bioseguridad para llevar a cabo la tesis, de la misma forma se realizó el pedido de los compuestos químicos de curado del concreto

ó llamados también curadores químicos, a la ciudad de Lima, los cuales fueron entregados dentro del plazo proyectado por el equipo.

En la caracterización de agregados, obtuvimos el módulo de finura de 2.84 para el agregado fino y un TMN de  $\frac{3}{4}$ " para el agregado grueso, peso específico del agregado fino y grueso siendo 2.65gr/cm<sup>3</sup> y 2.69gr/cm<sup>3</sup> respectivamente; datos que se asocian a la unidad de estudio que es el concreto, puesto que son indispensables para desarrollar el diseño de mezcla; de la misma forma se tienen los resultados del diseño de mezcla por el método ACI 211, los cuales servirán para elaborar las tandas necesarias hasta alcanzar la muestra proyectada de especímenes de concreto, donde se obtuvo 5 tandas de 30L, de los cuales eran necesarios 11.01 kg de cemento Pacasmayo tipo I, 23.64 kg de agregado fino, 29.31 kg de agregado grueso y 6.36 kg de agua; asimismo, los resultados de resistencia a la compresión obtenidos muestran que el concreto más resistente es aquel curado de forma estándar, por inmersión en agua, a edades de 3,7 y 28 días respecto a los curados con compuestos químicos. Luego, haciendo una comparación con los resultados, el concreto curado a 3 días con compuestos químicos de la marca Sika cumple el criterio ACI 318-19; a los 7 días el concreto curado con compuestos químicos de las marcas Sika y Chema cumplen con la misma norma y a 28 días los curadores que cumplen con este criterio son las marcas Sika, Chema y Z Aditivos. Por otra parte, teniendo en cuenta las resistencias promedio obtenidas por cada curador, es la marca Sika la que más eficiencia logra en el concreto para todas las edades de curado respecto a los otros compuestos químicos de las marcas Chema, Z Aditivos y Aditivos Especiales. Finalmente, se logró demostrar que los compuestos químicos de curado tienen efecto positivo en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19, después de haber realizado el análisis de datos correspondiente.

En la presente investigación se encontró que durante los años en que se realizaron los antecedentes hasta la actualidad, el agua es y sigue siendo el curador por excelencia del concreto a la edad de curado estimada, alcanzando resistencias a la compresión mayores respecto a las obtenidas por algún compuesto químico u otro elemento de curado, sin embargo, existen productos que se asemejan al agua en cuanto a eficiencia, cumpliendo con las normativas correspondientes y que pueden ser una buena alternativa de uso cuando la ocasión lo amerite.

#### 4.2. Conclusiones

- Se determinó la eficiencia de los compuestos químicos de curado en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318 – 19, obteniendo que a la edad de 3 días, los concretos curados con SikaCem tienen una resistencia de 169.5 kg/cm<sup>2</sup>, siendo en único en sobrepasar a 158.1 kg/cm<sup>2</sup> correspondiente al 85% de la resistencia a la compresión de concretos curados de forma estándar, cumpliendo la normativa mencionada anteriormente; asimismo, a la edad de 7 días, los concretos curados con SikaCem y Curador Membranil Reforzado tienen una resistencia de 228.5 kg/cm<sup>2</sup> y 212.8 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, sobrepasando a 208.2 kg/cm<sup>2</sup> correspondiente al 85% de la resistencia a la compresión de concretos curados de forma estándar, estando los demás compuestos químicos por debajo de lo estipulado por la norma; de la misma forma, a la edad de 28 días, los concretos curados con SikaCem, Curador Membranil Reforzado y Z Membrana Blanco tienen una resistencia de 280.2 kg/cm<sup>2</sup> y 252.0 kg/cm<sup>2</sup>, 255.3 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, sobrepasando a 245 kg/cm<sup>2</sup> correspondiente a 35kg/cm<sup>2</sup> de la resistencia a la que fueron diseñadas, cumpliendo con el ACI 318-19, siendo Per Membrana el único que se encuentra por debajo de lo requerido con 240.8 kg/cm<sup>2</sup>.

- Se realizó la caracterización de agregados fino y grueso de la cantera Quebrada El León ubicada en El Milagro, con éstos resultados se elaboró un diseño de mezcla con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y 3'' a 4'' de asentamiento teórico con margen de variación de  $\pm 1''$  según la NTP 339.114; obteniendo un asentamiento real de  $2 \frac{3}{4}''$  con porcentajes de materiales de 15.7% de cemento tipo I, 9% de agua, 41.7% de agregado grueso y 33.6% de agregado fino.
- Se determinó la resistencia a la compresión del concreto mediante probetas cilíndricas curadas a 3, 7 y 28 días, obteniendo como resultado una mayor resistencia promedio para los especímenes curados de forma estándar respecto a los curados con compuestos químicos; asimismo se determinó si los resultados cumplen con lo estipulado en los requisitos enfocados del ACI 318-19, donde a la edad de curado de 3 días, el compuesto SikaCem cumple con el requisito (1); a la edad de curado de 7 días, los compuestos químicos SikaCem y Curador Membranil Reforzado cumplen con el requisito (1); y a la edad de 28 días, los compuestos químicos de curado SikaCem, Curador Membranil Reforzado y Z Membrana Blanco no cumplen con el requisito (1), sin embargo cumplen con el requisito (2), y es suficiente para que la norma los califique como procedimientos de curado adecuado ya que sólo es necesario el cumplimiento de 1 de los 2 requisitos; sin embargo, Per Membrana queda exceptuado, puesto que no cumple con el requisito (1) ni (2).
- Se analizaron los resultados de resistencia a la compresión del concreto, donde se identificó como compuesto químico de curado más eficiente a SikaCem, puesto que a 3, 7 y 28 días de curado tiene mayor resistencia a la compresión del concreto respecto a los demás curadores químicos, asimismo, cumple con los requisitos del ACI 318-19.

- Se logró realizar la prueba de hipótesis, haciendo uso de la prueba de normalidad, análisis de varianza y posprueba, determinando que la adición de compuestos químicos de curado tiene efecto positivo en la resistencia a la compresión del concreto, el cual el curado de forma estándar fue el que tuvo mayor significancia seguido del compuesto químico SikaCem curador.

#### **4.3. Recomendaciones**

- Se recomienda a empresas constructoras, ingenieros y/o trabajadores del rubro de la construcción a utilizar el compuesto químico de curado del concreto SikaCem, ya que éste representa un procedimiento de curado adecuado según el ACI 318-19.
- Se recomienda a futuros investigadores a tener cuidado con la pérdida de humedad de los cilindros antes de aplicarles los curadores químicos, pues si pierden agua debido a la temperatura o a otros factores, el curado será ineficiente y se verá reflejado en los resultados de resistencia a la compresión del concreto.
- Se recomienda seguir las indicaciones de las fichas técnicas al momento de usar los compuestos químicos de curado, pues el uso escaso e incluso excesivo puede ser causante de malos resultados en la resistencia a la compresión del concreto tal como se evidencia en los antecedentes de la presente investigación.
- Se recomienda a los estudiantes de ingeniería civil a seguir con la investigación, ya que ayudarán a demostrar el comportamiento de la unidad de estudio frente a diversos factores o variables, pudiendo dar inicio a nuevas líneas de investigación y dejar antecedentes a estudios futuros.

## REFERENCIAS

- ACI 308R. (2016). Guide to External Curing of Concrete. Estados Unidos.
- Aditivos Especiales S.A.C. (2013). Penetron total protección del concreto.
- Aditivos Especiales S.A.C. (2016). Fabricante de aditivos para la construcción.
- Aditivos Especiales S.A.C. (2019). Hoja Técnica Per Membrana. Lima, Perú.
- Aguilar Moscoso, J. E. (2019). Influencia del curado del concreto con aditivos químicos en la resistencia a la compresión y permeabilidad de mezclas de concreto convencional, Trujillo 2019. Universidad Privada Del Norte. Trujillo – Perú.
- ASTM C494 (2008). Especificación normalizada de aditivos químicos para concreto.
- ASTM C31 (2014). Practica normalizada para preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en la obra.
- Bolaños Cancino V. M. (2011). Comparación entre concretos curados con compuestos formadores de membrana y con un producto elaborado con nanotecnología en relación con la retención de agua y la resistencia a compresión. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá – Colombia.
- Bustamante Medina, D. M. & Diaz Salcedo, C. A. (2014). Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa – Perú.
- Callomamani Callomamani R. (2018). Evaluación del comportamiento de los compuestos líquidos formadores de membrana para curado del concreto en la ciudad de puno. Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú.
- Chema. (2012). Aditivos y productos para la construcción.
- Chema. (2020). Hoja Técnica Membranil Reforzado. Lima, Perú.
- Contreras, S., & Velazco, C. (2018). Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas

de obra en la ciudad de Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Peru.

Cuellar, L. (2018). Aspectos generales del uso de concreto. Recuperado de: <http://repositorio.uasf.edu.pe/bitstream/UASF/112/1/TU%20AGUC-LCY.pdf>.

Espinoza, E. (2017). El 70% de viviendas en Lima son informales y vulnerables a un terremoto. Recuperado de: <https://rpp.pe/economia/economia/capeco-el-70-de-viviendas-en-lima-son-construidas-sin-normas-tecnicas-noticia-1078934>.

García Toledano M. C. (2011). Estudio experimental sobre la influencia de la temperatura durante el periodo estival en la resistencia a compresión de probetas de hormigón. Universidad Politécnica de Madrid. España.

Gonzales, P. (2019). Formación en investigación y artículos comentados. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1130239919300021>.

Hernández, N. (2010) Efecto del curado sobre un concreto de resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Recuperado de <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v17n3/art10.pdf>.

Horna Barriga, J. A. (2018). Influencia de los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto sobre la resistencia a compresión, Trujillo 2018. Universidad Privada del Norte. Trujillo – Perú.

IMCYC (2006). El concreto en la obra, problemas, causas y soluciones. Pruebas de resistencia a la compresión del concreto. Recuperado de: <http://www.imcyc.com/ct2006/junio06/PROBLEMAS.pdf>.

Jacobo Alcántara A. K. (2019). Influencia del curado del concreto con agua y curado artificial en la resistencia a la compresión del concreto. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

Kosmatka, S.; Kerkhoff, B.; Panarese, W. & Tanesi, J. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Portland Cement Association. EE.UU.

Laura Huanca S. (2006). Diseño de mezclas de concreto. Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú.

Loya Olivera L. F. (2018). Evaluación de la resistencia a la compresión del curado de concreto en obra y laboratorio, en el distrito de yanacancha, pasco – 2017. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco – Perú.

Luna Tejada, J. Y. (2020). Influencia de los tipos de curadores en concretos con plastificante, retardante y acelerante; sobre la compresión y sorptividad, Trujillo 2020. Universidad Privada del Norte. Trujillo – Perú.

Mario J. (2008). Ensayos a compresión de cilindros de concreto. Ingeniería Civil. Recuperado de: <http://ingevil.blogspot.com/2008/10/ensayo-compresin-de-cilindros-de.html>.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú.

NTP.334.009. (2013). Cementos portland. Requisitos. Perú.

NTP.334.082. (2008). Método de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. Perú.

NTP.334.090. (2011). Cementos portland adicionados. Requisitos. Perú.

NTP.339.033. (2015). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.

NTP.339.034. (2015). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Perú.

NTP.339.035. (2014). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto del cemento portland. Perú.

- NTP.339.036. (2014). Practica para muestreo de mezclas de concreto fresco. Perú.
- NTP.339.037. (2014). Practica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de hormigón (concreto). Perú.
- NTP.339.046. (2014). Ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). Perú.
- NTP.339.114. (2014). Concreto premezclado. Perú.
- NTP.339.183. (2014). Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto de laboratorio. Perú.
- NTP.339.184. (2014). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto). Perú.
- NTP.339.185. (2014). Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Perú.
- NTP.400.012. (2014). Análisis granulométrico del agregado grueso, fino y global. Perú.
- NTP.400.017. (2014). Método de ensayo para determinar es peso unitario del agregado. Perú.
- NTP.400.021. (2014). Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Perú.
- NTP.400.022. (2014). Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. Perú.
- NTP.400.037. (2014). AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Perú.
- Osorio, J. (2019). Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión. ARGOS. Colombia. Recuperado de: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion>.

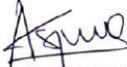
- QuestionPro. (2021). Muestreo aleatorio simple, uno de los tipos de muestreo de probabilidad. Recuperado de: <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-aleatorio-simple/>.
- Rangel Mora M. J. & Santos Maya M. A. (2019). Manual de Control de Calidad de los Ensayos de Hormigón. España.
- Sánchez De Guzmán, D. (2001). Tecnología del concreto y del mortero. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá – Colombia.
- Sika. (2009). Curado del Concreto. Sika, 16. Recuperado el 11 de diciembre de 2019, de [https://per.sika.com/content/peru/main/es/solutions\\_products/mercados\\_sika/sika-aditivos-concreto/02a001/02a001sa01/02a001sa01104.html](https://per.sika.com/content/peru/main/es/solutions_products/mercados_sika/sika-aditivos-concreto/02a001/02a001sa01/02a001sa01104.html).
- Sika. (2014). Hoja Técnica Sika Cem Curador. Lima, Perú.
- Silva, O. J. (2020). Formas de curar el concreto. ARGOS. Colombia. Recuperado de: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/formas-de-curar-el-concreto>.
- Terreros Rojas, L.E. & Carbajal Corredor, I. L. (2016). Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo. Universidad Católica de Colombia. Bogotá – Colombia.
- Umiri Flores, D. (2018). Los aditivos para el concreto. Blog de la construcción. Perú. Recuperado de: <https://www.yura.com.pe/blog/los-aditivos-para-el-concreto/>.
- Vargas Bazalar E. A. & Vílchez Castro G. S. (2019). Estudio de la influencia de los tipos de curado en concretos de alta resistencia, Lima 2019. Universidad Cesar Vallejo. Lima – Perú.
- Villegas, V & Corrales, M. (2014) Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con agregados de la cantera Taclán, curados con agua y antisol s. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Ancash - Perú.
- Z Aditivos. (2016). Hoja Técnica Curador Z Membrana Blanco. Lima, Perú.

## ANEXOS

### ANEXO N°1. Validación de instrumento por experto.

Figura 8.

*Matriz para evaluación de experto del instrumento de recolección de datos*

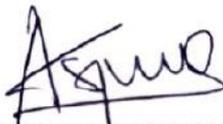
<b>MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS</b>				
<b>Título de la investigación:</b>	Eficiencia de compuestos químicos de curado en la resistencia a la compresión del concreto bajo el criterio de aceptación del ACI 318-19, Trujillo 2020.			
<b>Línea de investigación:</b>	Tecnologías Emergentes			
<b>Apellidos y nombres del experto:</b>	Ing. Vásquez Díaz, Alberto Rubén			
<b>El instrumento de medición pertenece a las variables:</b>	Resistencia a la compresión del concreto.			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	✓		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	✓		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	✓		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	✓		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	✓		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	✓		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	✓		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	✓		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	✓		
<b>Sugerencias:</b>				
<b>Firma del experto:</b>				
 <small>Alberto Rubén Vásquez Díaz ING. CIVIL R. CIP. N° 166228</small>				
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> Ing. Vásquez Díaz, Alberto Rubén				

Fuente: Propia

## ANEXO N°2. Formato de guía de observación

Figura 9.

Formato de guía de observación

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN (Resistencia a la compresión)</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	
1.2. Ubicación	
1.3. Fecha de Observación	
1.4. Hora de Investigación	
1.5. N° de guía	
1.6. Número de Molde	
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días
	7 días
	28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm):
	b) Diámetro (cm):
	c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ):
	d) Carga de rotura (Kg):
	e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ):
2.3. Curador	SikaCem Curador
	Curador Membranil Reforzado
	Z Membrana Blanco
	Per Membrana
	Agua
Firma de experto validando el instrumento a utilizar en la recolección de datos	
 ----- <b>Alberto Rubén Yásquez Díaz</b> <b>ING. CIVIL</b> <b>R. CIP. N° 166228</b>	

Fuente: Propia

### ANEXO N°3. Guías de observación

Tabla 72.

Guía de observación DMP3-01 a 3 días de curado

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	26/10/2020
1.4. Hora de Investigación	16:00
1.5. N° de guía	1
1.6. Número de Molde	DMP3-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días 7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 14518 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 184.8
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado Z Membrana Blanco Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

Tabla 73.

*Guía de observación DMS3-01 a 3 días de curado*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	26/10/2020
1.4. Hora de Investigación	16:30
1.5. N° de guía	6
1.6. Número de Molde	DMS3-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días 7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 13571 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 172.8
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado Z Membrana Blanco Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

Tabla 74.

*Guía de observación DMC3-01 a 3 días de curado*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	26/10/2020
1.4. Hora de Investigación	17:00
1.5. N° de guía	11
1.6. Número de Molde	DMC3-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días 7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 12160 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 154.8
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado Z Membrana Blanco Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

Tabla 75.

*Guía de observación DMZ3-01 a 3 días de curado*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	26/10/2020
1.4. Hora de Investigación	17:30
1.5. N° de guía	16
1.6. Número de Molde	DMZ3-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	 3 días 7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 11768 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 149.8
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado  Z Membrana Blanco Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

Tabla 76.

*Guía de observación DMAE3-01 a 3 días de curado*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	26/10/2020
1.4. Hora de Investigación	18:00
1.5. N° de guía	21
1.6. Número de Molde	DMAE3-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días 7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 11083 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 141.1
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado Z Membrana Blanco Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

Tabla 77.

Guía de observación DMP7-01 a 7 días de curado

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	30/10/2020
1.4. Hora de Investigación	16:00
1.5. N° de guía	26
1.6. Número de Molde	DMP7-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días  7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 18876 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 240.3
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado Z Membrana Blanco Per Membrana  Agua

Fuente: Propia.

Tabla 78.

*Guía de observación DMS7-01 a 7 días de curado*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	30/10/2020
1.4. Hora de Investigación	16:30
1.5. N° de guía	31
1.6. Número de Molde	DMS7-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días 7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 18193 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 231.6
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado Z Membrana Blanco Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

Tabla 79.

*Guía de observación DMC7-01 a 7 días de curado*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	30/10/2020
1.4. Hora de Investigación	17:00
1.5. N° de guía	36
1.6. Número de Molde	DMC7-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días  7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 15992 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 203.6
2.3. Curador	SikaCem Curador  Curador Membranil Reforzado Z Membrana Blanco Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

Tabla 80.

*Guía de observación DMZ7-01 a 7 días de curado*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	30/10/2020
1.4. Hora de Investigación	17:30
1.5. N° de guía	41
1.6. Número de Molde	DMZ7-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días  7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 15492 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 197.3
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado  Z Membrana Blanco Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

Tabla 81.

*Guía de observación DMAE7-01 a 7 días de curado*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	30/10/2020
1.4. Hora de Investigación	18:00
1.5. N° de guía	46
1.6. Número de Molde	DMAE7-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días  7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 14998 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 191.0
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado Z Membrana Blanco  Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

Tabla 82.

*Guía de observación DMP28-01 a 28 días de curado*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	20/11/2020
1.4. Hora de Investigación	16:00
1.5. N° de guía	51
1.6. Número de Molde	DMP28-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días 7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 25773 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 328.2
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado Z Membrana Blanco Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

Tabla 83.

*Guía de observación DMS28-01 a 28 días de curado*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	20/11/2020
1.4. Hora de Investigación	16:30
1.5. N° de guía	56
1.6. Número de Molde	DMS28-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días 7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 21861 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 378.3
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado Z Membrana Blanco Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

Tabla 84.

*Guía de observación DMC28-01 a 28 días de curado*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	20/11/2020
1.4. Hora de Investigación	17:00
1.5. N° de guía	61
1.6. Número de Molde	DMC28-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días 7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 19803 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 252.1
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado Z Membrana Blanco Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

Tabla 85.

Guía de observación DMZ28-01 a 28 días de curado

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	20/11/2020
1.4. Hora de Investigación	17:30
1.5. N° de guía	66
1.6. Número de Molde	DMZ28-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días 7 días  28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 19465 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 247.8
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado  Z Membrana Blanco Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

Tabla 86.

*Guía de observación DMAE28-01 a 28 días de curado*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b>	
<b>1. DATOS INFORMATIVOS</b>	
1.1. Nombres de investigadores	Díaz Pino, Oswaldo David Marin Castro, Luis Henry
1.2. Ubicación	Trujillo
1.3. Fecha de Observación	20/11/2020
1.4. Hora de Investigación	18:00
1.5. N° de guía	71
1.6. Número de Molde	DMAE28-01
<b>2. DATOS ESPECIFICOS</b>	
2.1. Tiempo de curado	3 días 7 días 28 días
2.2. Datos de Probeta	a) Altura (cm): 20 b) Diámetro (cm): 10 c) Área de contacto (cm <sup>2</sup> ): 78.54 d) Carga de rotura (Kg): 18933 e) Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ): 241.1
2.3. Curador	SikaCem Curador Curador Membranil Reforzado Z Membrana Blanco Per Membrana Agua

Fuente: Propia.

## ANEXO N°4. Certificados de ensayos en laboratorio

Figura 10.

*Constancia de ensayos en laboratorio*



### CONSTANCIA DE ENSAYOS EN LABORATORIO

El que suscribe, Alfonso Vega Farfán, Gerente General de QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C., con R.U.C. N° 20601220017

HACE CONSTAR:

Que, los señores Oswaldo David Díaz Pino identificado con D.N.I. N°75765705 y Luis Henry Marin Castro identificado con DNI N°72469822, han realizado ensayos de caracterización de agregados, elaboración de mezclas de prueba de concreto, ensayos de concreto en estado fresco, elaboración de testigos cilíndricos de concreto, en nuestras instalaciones con la supervisión y apoyo de nuestro personal técnico entre el 02 de octubre de 2020 hasta el 21 de noviembre de 2020, requeridos para su proyecto de tesis.

Se expide el presente documento para los fines que el solicitante estime conveniente.

Trujillo, 30 de noviembre de 2020



**Alfonso Vega Farfan**  
GERENTE GENERAL  
QUALITY CONTROL EXPRESS SAC

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
Av. América Sur N° 4138 Urb. San Andrés, Trujillo // (044) 705879, 951441959 // alfonso.vega@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 11.

Informe de ensayos DM-P3, a 3 días de curado



**INFORME DE ENSAYO N° 1534-2020-QCE/TRJ**  
Fecha de Emisión: 26/10/2020

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO

PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.

ID MUESTRA : CONCRETO PATRON F'C = 210 KG/CM2

---

**2. TIPO DE ENSAYO:**

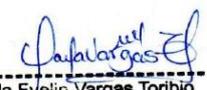
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificacion Testigo	F'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-P3 (1)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	14518	185	88%	2
DM-P3 (2)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	15015	191	91%	1
DM-P3 (3)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	14378	183	87%	1
DM-P3 (4)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	14095	179	85%	2
DM-P3 (5)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	15041	192	91%	1
Promedio								<b>186</b>	<b>89%</b>	

**NOTAS**

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001.LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 12.

Informe de ensayos DM-S3, a 3 días de curado



**INFORME DE ENSAYO N° 1535-2020-QCE/TRJ**  
Fecha de Emisión: 26/10/2020

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO

PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.

ID MUESTRA : CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 + CURADOR SIKACEM

---

**2. TIPO DE ENSAYO:**

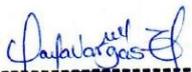
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificacion Testigo	F'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-S3 (1)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	13571	173	82%	1
DM-S3 (2)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	12815	163	78%	2
DM-S3 (3)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	13482	172	82%	2
DM-S3 (4)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	12947	165	79%	2
DM-S3 (5)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	13767	175	83%	1
Promedio								<b>170</b>	<b>81%</b>	

**NOTAS**

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231.
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelin Vargas Torbio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 13.

Informe de ensayos DM-C3, a 3 días de curado



**INFORME DE ENSAYO N° 1536-2020-QCE/TRJ**  
Fecha de Emision: 26/10/2020

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO

PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.

ID MUESTRA : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + CHEMA MEMBRANIL REFORZADO

---

**2. TIPO DE ENSAYO:**

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-C3 (1)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	12160	155	74%	2
DM-C3 (2)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	11754	150	71%	2
DM-C3 (3)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	12735	162	77%	1
DM-C3 (4)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	11915	152	72%	2
DM-C3 (5)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	12320	157	75%	1
Promedio								155	74%	

**NOTAS**

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad.  
Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 14.

Informe de ensayos DM-Z3, a 3 días de curado



**INFORME DE ENSAYO N° 1537-2020-QCE/TRJ**  
Fecha de Emisión: 26/10/2020

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO

PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.

ID MUESTRA : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + Z MEMBRANA BLANCO

---

**2. TIPO DE ENSAYO:**

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificación Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-Z3 (1)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	11768	150	71%	2
DM-Z3 (2)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	12316	157	75%	1
DM-Z3 (3)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	12087	154	73%	1
DM-Z3 (4)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	11966	152	72%	2
DM-Z3 (5)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	11693	149	71%	2
Promedio								152	72%	

**NOTAS**

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 15.

Informe de ensayos DM-AE3, a 3 días de curado



**INFORME DE ENSAYO N° 1538-2020-QCE/TRJ**  
Fecha de Emisión: 26/10/2020

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO

PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.

ID MUESTRA : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + PER MEMBRANA

---

**2. TIPO DE ENSAYO:**

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificación Testigo	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-AE (1)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	11083	141	67%	2
DM-AE (2)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	10594	135	64%	2
DM-AE (3)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	11534	147	70%	1
DM-AE (4)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	11276	144	69%	1
DM-AE (5)	210	23/10/2020	26/10/2020	3	10.0	78.54	10779	137	65%	2
Promedio								<b>141</b>	<b>67%</b>	

**NOTAS**

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 16.

Informe de ensayos DM-P7, a 7 días de curado



**INFORME DE ENSAYO N° 1554-2020-QCE/TRJ**  
Fecha de Emisión: 30/10/2020

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO

PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.

ID MUESTRA : CONCRETO PATRON F'C = 210 KG/CM2

---

**2. TIPO DE ENSAYO:**

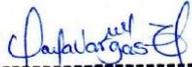
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificación Testigo	Fc (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-P3 (6)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	18876	240	114%	2
DM-P3 (7)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	19064	243	116%	1
DM-P3 (8)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	20016	255	121%	1
DM-P3 (9)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	18973	242	115%	2
DM-P3 (10)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	19240	245	117%	1
Promedio								245	117%	

**NOTAS**

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad.  
Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 17.

Informe de ensayos DM-S7, a 7 días de curado



**INFORME DE ENSAYO N° 1555-2020-QCE/TRJ**  
Fecha de Emisión: 30/10/2020

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO

PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.

ID MUESTRA : CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 + CURADOR SIKACEM

---

**2. TIPO DE ENSAYO:**

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificación Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-S3 (6)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	18193	232	110%	1
DM-S3 (7)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	17978	229	109%	1
DM-S3 (8)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	17387	221	105%	2
DM-S3 (9)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	17796	227	108%	2
DM-S3 (10)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	18359	234	111%	1
Promedio								229	109%	

**NOTAS**

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 18.

Informe de ensayos DM-C7, a 7 días de curado



**INFORME DE ENSAYO N° 1556-2020-QCE/TRJ**  
Fecha de Emisión: 30/10/2020

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

CUENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO

PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.

ID MUESTRA : CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 + CHEMA MEMBRANIL REFORZADO

---

**2. TIPO DE ENSAYO:**

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-C3 (6)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	15992	204	97%	2
DM-C3 (7)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	16461	210	100%	2
DM-C3 (8)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	17297	220	105%	1
DM-C3 (9)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	17043	217	103%	1
DM-C3 (10)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	16768	213	101%	2
Promedio								213	101%	

**NOTAS**

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad.  
Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 19.

Informe de ensayos DM-Z7, a 7 días de curado



**INFORME DE ENSAYO N° 1557-2020-QCE/TRJ**  
Fecha de Emisión: 30/10/2020

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO

PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.

ID MUESTRA : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + Z MEMBRANA BLANCO

---

**2. TIPO DE ENSAYO:**

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-Z3 (6)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	15492	197	94%	1
DM-Z3 (7)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	15017	191	91%	1
DM-Z3 (8)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	14783	188	90%	2
DM-Z3 (9)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	14696	187	89%	2
DM-Z3 (10)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	14961	190	90%	1
Promedio								<b>191</b>	<b>91%</b>	

**NOTAS**

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad.  
Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 20.

Informe de ensayos DM-AE7, a 7 días de curado



**INFORME DE ENSAYO N° 1558-2020-QCE/TRJ**

Fecha de Emisión: 30/10/2020

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO

PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.

ID MUESTRA : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + PER MEMBRANA

---

**2. TIPO DE ENSAYO:**

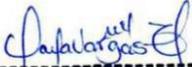
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificación Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-AE (6)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	14998	191	91%	1
DM-AE (7)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	15016	191	91%	2
DM-AE (8)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	15196	193	92%	1
DM-AE (9)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	15478	197	94%	1
DM-AE (10)	210	23/10/2020	30/10/2020	7	10.0	78.54	15021	191	91%	2
Promedio								193	92%	

**NOTAS**

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 21.

Informe de ensayos DM-P28, a 28 días de curado



**INFORME DE ENSAYO N° 1657-2020-QCE/TRJ**  
Fecha de Emisión: 20/11/2020

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO

PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.

ID MUESTRA : CONCRETO PATRON F'C = 210 KG/CM2

---

**2. TIPO DE ENSAYO:**

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificación Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-P3 (11)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	25773	328	156%	1
DM-P3 (12)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	26163	333	159%	1
DM-P3 (13)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	25395	323	154%	2
DM-P3 (14)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	25481	324	154%	2
DM-P3 (15)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	26092	332	158%	1
Promedio								<b>328</b>	<b>156%</b>	

**NOTAS**

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Torbio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 22.

Informe de ensayos DM-S28, a 28 días de curado



## INFORME DE ENSAYO N° 1658-2020-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 20/11/2020

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO  
 PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
 CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.  
 ID MUESTRA : CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 + CURADOR SIKACEM

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-S3 (11)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	21861	278	132%	2
DM-S3 (12)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	22186	282	134%	2
DM-S3 (13)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	22512	287	137%	1
DM-S3 (14)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	21391	272	130%	2
DM-S3 (15)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	22073	281	134%	1
Promedio								280	133%	

#### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 Caria Evelin Vargas Toribio  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 23.

Informe de ensayos DM-C28, a 28 días de curado



**INFORME DE ENSAYO N° 1659-2020-QCE/TRJ**  
Fecha de Emisión: 20/11/2020

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO

PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.

ID MUESTRA : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + CHEMA MEMBRANIL REFORZADO

---

**2. TIPO DE ENSAYO:**

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-C3 (11)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	19803	252	120%	2
DM-C3 (12)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	19540	249	119%	1
DM-C3 (13)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	20476	261	124%	2
DM-C3 (14)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	18968	242	115%	1
DM-C3 (15)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	20183	257	122%	1
Promedio								252	120%	

**NOTAS**

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 24.

Informe de ensayos DM-Z28, a 28 días de curado



## INFORME DE ENSAYO N° 1660-2020-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 20/11/2020

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO  
 PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
 CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.  
 ID MUESTRA : CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 + Z MEMBRANA BLANCO

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-Z3 (11)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	19465	248	118%	1
DM-Z3 (12)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	19883	253	120%	1
DM-Z3 (13)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	20169	257	122%	2
DM-Z3 (14)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	20496	261	124%	2
DM-Z3 (15)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	20261	258	123%	1
Promedio								255	121%	

### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001.LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 -----  
 Carla Evelin Vargas Toribio  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

Figura 25.

Informe de ensayos DM-AE28, a 28 días de curado



**INFORME DE ENSAYO N° 1661-2020-QCE/TRJ**  
Fecha de Emisión: 20/11/2020

**1. INFORMACION DEL SOLICITANTE**

CLIENTE : OSWALDO DAVID DIAZ PINO / LUIS HENRRY MARIN CASTRO

PROYECTO : EFICIENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO BAJO EL  
CRITERIO DE ACEPTACION DEL ACI 318-19, TRUJILLO 2020.

ID MUESTRA : CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 + PER MEMBRANA

---

**2. TIPO DE ENSAYO:**

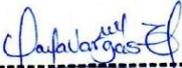
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

**3. RESULTADO DE ENSAYOS:**

Identificacion Testigo	Fc (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DM-AE (11)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	18933	241	115%	1
DM-AE (12)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	18509	236	112%	2
DM-AE (13)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	19862	253	120%	1
DM-AE (14)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	18178	231	110%	1
DM-AE (15)	210	23/10/2020	20/11/2020	28	10.0	78.54	19062	243	116%	2
Promedio								<b>241</b>	<b>115%</b>	

**NOTAS**

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (fc), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-031-2020, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.  
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Fuente: Quality Control Express S.A.C.

## ANEXO N°5. Hojas técnicas y criterio ACI 318-19

Figura 26.

### Hoja técnica SikaCem Curador 1/2



CONSTRUYENDO CONFIANZA

## HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

# SikaCem® Curador

---

Curador químico para concreto y mortero

---

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaCem® Curador es un compuesto de curado que al ser pulverizado sobre el concreto fresco se adhiere a la superficie de éste (concreto), formando una película impermeable al agua y al aire, evitando la evaporación del agua de la mezcla y el secado prematuro del concreto por efectos del sol y/o viento.

### USOS

- Techos
- Losas o pisos
- Vigas y/o columnas
- Veredas
- Rampas de acceso
- Canales de riego
- Carreteras
- Puentes
- Construcciones en generales de concreto

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Reducir el riesgo de fisuración por secado prematuro del agua.
- Rapidez y facilidad de aplicación, ya que se pulveriza sobre la superficie del concreto.
- Reduce los tiempos de curado con agua (7 días) y la mano de obra.

Después de 3 horas de aplicado, SikaCem® Curador no es afectado por las lluvias y su efecto se mantiene durante 3 semanas mínimo.

---

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Balde x 4 L</li> <li>▪ Balde x 18 L</li> </ul>
<b>Apariencia / Color</b>	Incoloro
<b>Vida Útil</b>	2 años
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	SikaCem® Curador puede ser almacenado en un sitio libre de congelamiento a temperaturas sobre los +5 °C.
<b>Densidad</b>	1.11 +/- 0.01 Kg/L

Hoja De Datos Del Producto  
SikaCem® Curador  
Abril 2021, Versión 01.02  
021405031000000103

**1 / 2**

Fuente: SikaPerú (2021)

Figura 27.

*Hoja técnica SikaCem Curador 2/2*

<b>INFORMACIÓN DE APLICACIÓN</b>	
<b>Consumo</b>	Dependiendo de las condiciones ambientales, especialmente de la velocidad del viento, el rendimiento es de 5 m <sup>2</sup> por litro de SikaCem® Curador 0,2 L/m <sup>2</sup> .
<b>NOTAS</b>	<b>NOTAS LEGALES</b>
<p>Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.</p> <p><b>ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD</b></p> <p>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.</p> <p><b>INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN</b></p> <p>SikaCem® Curador se aplica sobre la superficie del concreto fresco, una vez que este haya adquirido una tonalidad opaca superficialmente, es decir, en cuanto haya evaporado el exceso de agua de mezcla, tiempo que puede estar entre media hora y tres horas después de finalizada su colocación, dependiendo del viento y la temperatura ambiente.</p> <p>Se debe agitar el contenido de los envases antes de su aplicación.</p> <p>Es recomendable el uso de pulverizadores (fumigadores) para su uso y rendimiento óptimo, mas SikaCem® Curador puede ser aplicado con brocha o rodillo.</p> <p><b>RESTRICCIONES LOCALES</b></p> <p>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</p>	<p>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 Internet a través de nuestra página web <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a>. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.</p>
<p><b>Sika Perú</b> Habilitación Industrial El Lúcumo Mz. "B" Lote 6 Lurín, Lima Tel. (511) 618-6060</p>	<p>SikaCemCurador-es-PE-(04-2021)-1-2.pdf</p> 
<p><b>Hoja De Datos Del Producto</b> SikaCem® Curador Abril 2021, Versión 01.02 021405031000000103</p>	<p><b>CONSTRUYENDO CONFIANZA</b></p>
<p>2 / 2</p>	

Fuente: SikaPerú (2021)

Figura 28.

*Hoja técnica Curador Membranil Reforzado 1/2*



**Chema**<sup>®</sup>

*Calidad que Construye*

Hoja Técnica

## MEMBRANIL REFORZADO

Curador de concreto tipo membrana para  
climas templados y soleados.

VERSION: 02  
FECHA: 21/12/2017

---

**DESCRIPCIÓN** 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.  
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**

- 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** 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.

---

**DATOS TÉCNICOS**

- 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**

Agitar el envase antes de usar.  
El momento ideal para aplicar es inmediatamente después de que haya desaparecido la exudación de la superficie o después de haber desencofrado.  
Aplicar con mochila aspersora dejando una capa uniforme sobre toda la superficie.  
Limpiar las herramientas de aplicación después de culminar el trabajo con agua limpia.

---

**RENDIMIENTO** Se recomienda aplicar 15m<sup>2</sup>/gal. como máximo para garantizar un espesor de película adecuado.

---

**ATENCIÓN AL CLIENTE:**  
(511) 336-8407

Página 1 de 2

Fuente: Chema (2017)

Figura 29.

*Hoja técnica Curador Membranil Reforzado 2/2*



**Chema**<sup>®</sup>

*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 N° 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

Fuente: Chema (2017)

Figura 30.

Hoja técnica Z Membrana Blanco 1/2



**EL MEJOR AMIGO DEL CONCRETO**

Lima: Av. Los faisanes N° 675 Urb. La Campiña - Chorrillos  
Telf.: 2523058 Cel.: 998 128 514/ 996 330 130

Hoja Técnica - Edición 18 - Versión 08.16



Curador de Concreto

---

## Z Membrana Blanco

---

**Descripción:** Es un curador de color blanco o transparente que evita la evaporación del agua en el concreto. Cumple con las normas ASTM C309, ASTM C 156, TIPO 1 D, TIPO 2, CLASE A. No contiene polímeros

---

**Ventajas:**

- Facilita la retención de la humedad.
- Provee superficies sin polvo.
- Ofrece una mayor dureza superficial, ya que el sistema de arrocera debilita superficialmente a la losa.
- Resiste los cambios de temperatura.
- Por la membrana que forma, el concreto se cura con su propia agua y desarrolla mayor fuerza y resistencia.
- El producto es compatible con el tarrajeo y la pintura látex, caucho, epóxica.

---

**Usos:**

- En placas, columnas, inmediatamente después del desencofrado.
- En losas, techos, canales.
- En todo elemento de concreto.
- Se puede utilizar también en climas fríos.
- En climas de altas temperaturas, recomendamos el CURET Z ó Z SOL BLANCO.
- Se usa también en el curado de morteros normales o impermeabilizados.
- Para evitar fisuras utilizar la FIBRA Z DE POLIPROPILENO en morteros y concretos.
- En todo elemento de concreto horizontal y vertical.
- Placas, columnas inmediatamente después del desencofrados.
- En losas cuando haya desaparecido la exudación del concreto (según el clima)

---

**Aplicación**

- La aplicación puede ser con brocha, mochila pulverizadora, rodillo, Etc.
- El Curador debe aplicarse a 20 o 30 minutos después de exudación del concreto.

E-mail: [ventasezcorporacion.com.pe](mailto:ventasezcorporacion.com.pe) / [cotizacionezcorporacion.com.pe](mailto:cotizacionezcorporacion.com.pe) / web site: [www.zaditivos.com.pe](http://www.zaditivos.com.pe)  
ZETITA: Av. San Luis 3051 - San Borja - 7155745/ 998 288 456 | Av. Faucett 1631 - Callao: 715-5770/ 998128493  
Piura: Av. Bolognesi 311 Int. 3 Telf.: (073) 321480/ 972001351 - Sullana: (073) 509408 | Chiclayo: Jr. Los Tumbos 505 Telf.: (074) 223 718/ 994 278 778  
Cuzco: Av. Tomasa Titto Condemayta 1032 - Wanchaq Telf.: (084) 257 111/ 994 086 746 | Pucallpa: Jr. Coronel Portillo 744 Telf.: (061) 573 591/ 998128495  
Arequipa: Calle Paucarpata 323-A - Cercado Telf.: (054) 203 388/ 994044894 | Trujillo: Av. América Sur 820 Urb Palermo Telf.: (044) 425 548/ 998127657

Fuente: Z Aditivos (2018)

Figura 31.

*Hoja técnica Z Membrana Blanco 2/2*



**EL MEJOR AMIGO DEL CONCRETO**

Lima: Av. Los faisanes N° 675 Urb. La Campiña - Chorrillos.  
Telf.: 2523058 Cel.: 998 128 514/ 996 330 130

Hoja Técnica - Edición 18 - Versión 08.16

**Cuidados**

- Una vez aplicado evitar el tráfico pesado.
- Agitarlo antes de usar.
- Lavar la mochila pulverizadora, rodillo o brocha cada vez que se termine de aplicar el producto Z MEMBRANA BLANCO.

---

**Rendimiento**

- 1 Gal Z MEMBRANA BLANCO = 25 - 30 m<sup>2</sup>/Gal.
- Densidad = 1.17 kg / L

---

**Envases**

- 1 Galón, 5 Galones, 55 Galones

E-mail: [ventasezcorporacion.com.pe](mailto:ventasezcorporacion.com.pe) / [cotizacionezcorporacion.com.pe](mailto:cotizacionezcorporacion.com.pe) / web site: [www.zaditivos.com.pe](http://www.zaditivos.com.pe)  
ZETITA: Av. San Luis 3051 - San Borja - 7155745/ 998 288 456 | Av. Faucett 1631 - Callao: 715-5770/ 998128493  
Piura: Av. Bolognesi 311 Int. 3 Telf.: (073) 321480/ 972001351 - Sullana: (073) 509408 | Chiclayo: Jr. Los Tumbos 505 Telf.: (074) 223 718/ 994 278 778  
Cuzco: Av. Tomasa Tito Condemayta 1032 - Wanchaq Telf.: (084) 257 111/ 994 086 746 | Pucallpa: Jr. Coronel Portillo 744 Telf.: (061) 573 591/ 998128495  
Arequipa: Calle Paucarpata 323-A - Cercado Telf.: (054) 203 388/ 994044894 | Trujillo: Av. América Sur 820 Urb Palermo Telf.: (044) 425 548/ 998127657

Fuente: Z Aditivos (2018)

Figura 32.

Hoja técnica Per Membrana 1/2



Hoja Técnica  
Edición 04, 24/07/19, JP  
ADITIVOS ESPECIALES S.A.C.

**ae**  
**Aditivos  
Especiales**  
Fabricante de Aditivos  
para la Construcción

**DATOS TECNICOS**

Apariencia: Líquido no viscoso  
 Color: Blanco, rojo y/o transparente  
 Densidad a 25°C: 1.008 kg/Lt = (3.816 kg/gl)  
 Olor: Aromático  
 Viscosidad a 25°C 32 CPs espin 1 Velocidad 6 25°C  
 Características Acabado Transparente / blanco / rojo

NORMAS ASTM C-309, Tipo1, Tipo 1D, Tipo 2 clase B - Norma U.N.I 8656 Tipo 1D  
 Retención de agua Mayor al 95 % a los 7 días de fraguado.  
 Solicitar certificado de laboratorio UNI

**USGBC VALORACIÓN LEED**  
 PER – MEMBRANA cumple con los requerimientos LEED.  
 LEED CI 2009 IEQc 4.2 Low-Emitting Materials – Paint and Coatings (<350) and Green Seal Standard for commercial Adhesives GS-36 (SCAQMD Rule #1113.)  
 Contenido de VOC < 100 g/L (menos agua)

**ENVASES**  
 Balde de 5 galones.  
 Cilindro de 55 galones.

**RENDIMIENTO / CONSUMO**  
 Se recomienda usar PER-MEMBRANA en un rango entre 20 y 30 m2/Gl. para superficies o encofrados de buena calidad es decir poco porosos. Se recomienda usar PER-MEMBRANA en un rango entre 15 y 20 m2/Gl. para superficies o encofrados de mala calidad o muy porosos. Las condiciones del equipo pulverizador es importante para un optimo rendimiento.

**TIEMPO DE VIDA-ALMACENAMIENTO**  
 Los envases sellados de este producto se garantizan durante 1 año si se mantiene bajo techo.  
 En caso el producto este vencido consultar al fabricante para la revisión y aceptación de su uso.  
 Almacenar a temperaturas mayores de +4°C y menores de 35°C.

PRODUCTO NO CONTROLADO POR SUNAT

**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**  
 PER-MEMBRANA es un compuesto líquido color transparente, rojo y/o blanco para curado de concreto fresco. Su aplicación forma una película impermeable y sellante que retiene la evaporación del agua al máximo y permite lograr las resistencias diseñadas, además es especial cuando esta pigmentado en color blanco o rojo porque guía al operario en su perfecta aplicación.  
 Retención de agua: Mayor al 95% a los 7 días de fraguado.

**USO**

- Especial cuando se necesita CURAR Y SELLAR grandes áreas de concreto por que es muy económico.
- Se utiliza en obras donde sea necesario curar muy bien el concreto y prevenir el fisuramiento superficial. Su empleo es fundamental en concretos expuestos como pavimentos, pistas, canales, obras hidráulicas, pisos industriales, muros, columnas, placas, losas y concretos en general.

**VENTAJAS**

- Viene listo para aplicar.
- Cura, endurece y evita que se pegue el polvo en concreto seco.
- Especial para todo tipo de clima.
- Evita el evaporamiento del agua del concreto.
- Elimina poros en la superficie causados por oclusión de aire y agua .
- Reduce la fisuración superficial por secado y retracción plástica.
- Su pigmento blanco protege al concreto de los rayos solares.
- Protege el concreto de la acción del viento y polvo.
- Por la membrana que forma aumenta las resistencias mecánicas incluso a la abrasión del concreto.
- Permite una excelente hidratación del concreto.
- Desaparece la película blanca después de 5 minutos de aplicado en el caso de solicitarlo transparente.

**SUPERFICIES RECOMENDADAS**  
 Especial para distintos tipos de concretos:

- Expuestos.
- Muros de contención.
- Pavimento.
- Badenes en carreteras.
- Canales.
- Concreto en general.
- Losas en general.
- Cunetas en carreteras
- Caravista.

**PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN**  
**Preparación de la Superficie**  
 Hay que dar la textura deseada al acabado de la superficie del concreto.

**Mezclado**  
 Se mezcla antes de usar.

**Aplicación**  
 Debe ser aplicado puro mediante un equipo pulverizador manual o mecánico. Se aplica directamente sobre el concreto fresco. Se utiliza en un lapso de ½ hora a 2 horas de vaciado el concreto dependiendo del clima y del tipo de concreto. Se debe colocar el curador una vez haya

www.aditivosespeciales.com.pe

1 de 2

ventas@aditivosespeciales.com.pe

Fuente: Aditivos Especiales (2019)

Figura 33.

Hoja técnica Per Membrana 2/2



## PER MEMBRANA

COMPUESTO ACRÍLICO ECONÓMICO PARA CURADO DE CONCRETO  
COLOR BLANCO, ROJO MOMENTANEO Y/O TRANSPARENTE.

desaparecido el agua libre exudada en la superficie del concreto fresco.  
En caso de superficies verticales aplicar inmediatamente después de retirar el encofrado, previo rociado de agua (opcional). Aplicar una sola vez en forma continua y consistente.

**RECOMENDACIONES**  
Si se utiliza en temperaturas muy bajas o muy altas ( $\leq 0^{\circ}\text{C}$  -  $\geq 45^{\circ}\text{C}$ ) hay que agitar por 5 minutos todo el contenido del envase y aplicar.  
No permita que el curador se congele en caso pase elevar la temperatura de 8 a  $10^{\circ}\text{C}$ .  
No exponer el concreto curado a lluvia o agua durante las primeras 2 horas.

**PRECAUCIONES**  
Puede irritar los ojos y la piel, evitar contacto directo con los ojos o contacto prolongado con la piel, en caso de contacto lavarse automáticamente con agua.  
No ingerir. Puede causar problemas respiratorios y estomacales.  
Mantener fuera del alcance de los niños. En caso de derrame cubrir con abundante arena o tierra, recoger y botar.




www.aditivoses

**Distribuidores exclusivos en PERU:**



**PENETRON**  
TOTAL PROTECCIÓN DEL CONCRETO



**ALCHIMICA**  
BUILDING CHEMICALS  
**HYPERDESMO**  
POLYURETHANE LIQUID MEMBRANES

**ADITIVOS ESPECIALES S.A.C**  
Pasaje. San Francisco N°151 Mz O. Lote N°1  
Tablada de Lurin - Distrito de Villa María del Triunfo  
Telefax: (01)280-7092 Cel: 948 597 540  
[www.aditivosespeciales.com.pe](http://www.aditivosespeciales.com.pe)

SURCURSAL PIURA  
Av. Luis Montero 486- Urb. Miraflores  
Telf.: (073) 343927 / 969687665  
lparodicarin@hotmail.com

DISTRIBUIDOR AREQUIPA  
Uchumayo KM1.6 Sachaca Referencia: Frente a Backus  
Telf: 958593919  
pbarrios@aditivosespecialesur.com

DISTRIBUIDOR TRUJILLO  
Av. América Sur N°905 Urb. Sto. Dominguito Trujillo  
Telf: 044 269935 – 999050273  
jcb.negocios@hotmail.com  
ventasujillo@aditivosespeciales.com.pe

**GARANTÍA LIMITADA**  
Aditivos le garantiza en el momento y en el lugar que se efectuó el despacho, que nuestro material será de buena calidad y estará en conformidad con nuestras especificaciones publicadas vigentes en la fecha de aceptación del pedido.  
**LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD**  
La ilustración contenida en el presente se incluye únicamente para fines ilustrativos, y a nuestro mas leal saber, es fiel y correcta. Sin embargo AE no puede ofrecer, bajo ninguna circunstancia, garantía alguna de los resultados ni asumir ninguna obligación ni responsabilidad en relación con el uso de esta información. Dado que AE no tiene ningún control sobre el uso que se pueda hacer de su producto, se recomienda probar los productos para determinar si son aptos para un uso específico y/o si nuestra especificación es válida en una circunstancia determinada. La responsabilidad reside en el usuario en cuanto al diseño, la aplicación y la instalación correcta de cada producto. El fabricante y el usuario determinarán la idoneidad de los productos para una aplicación específica y asumirán toda responsabilidad en relación con la misma.

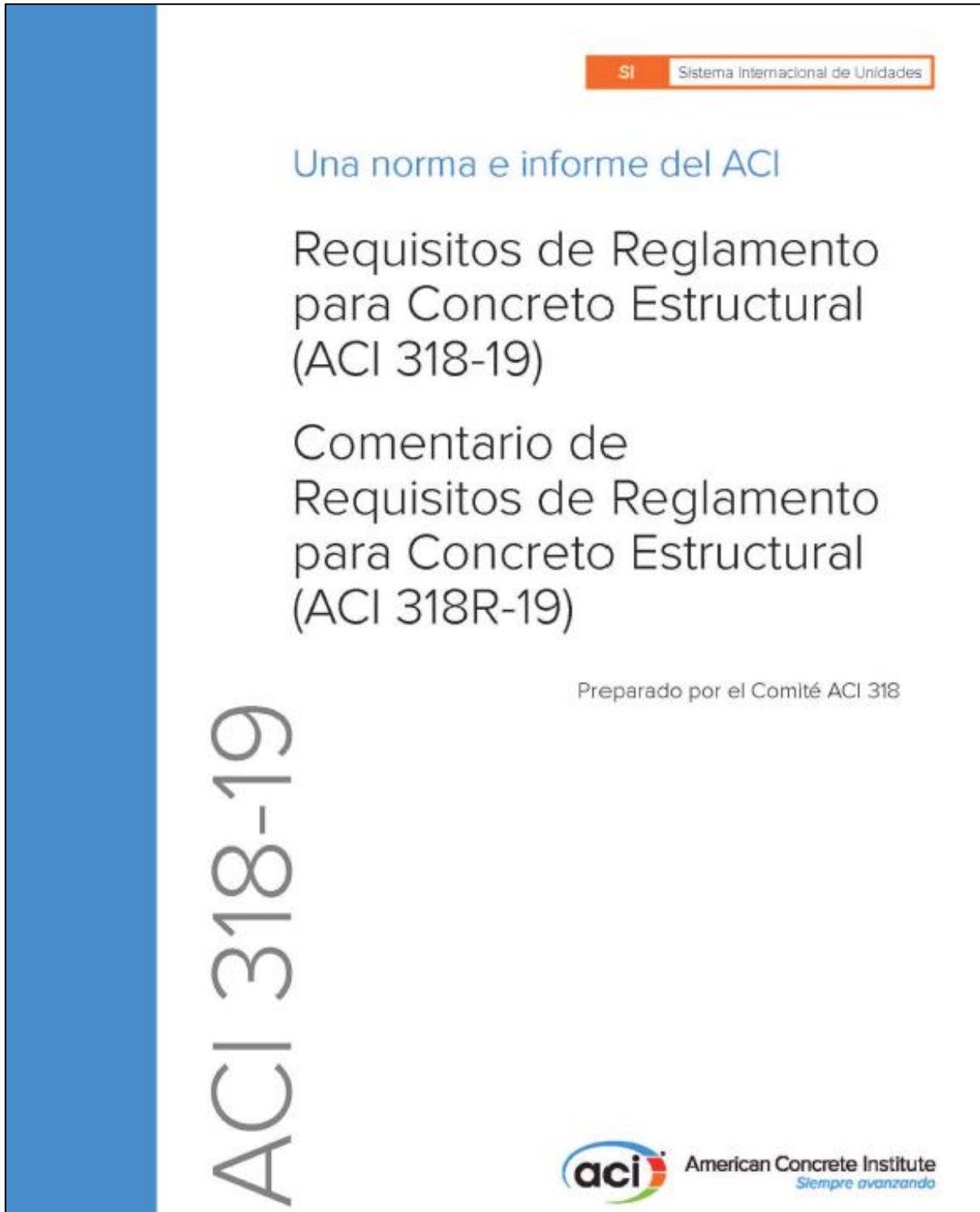
2 de 2

[ventas@aditivosespeciales.com.pe](mailto:ventas@aditivosespeciales.com.pe)

Fuente: Aditivos Especiales (2019)

Figura 34.

ACI 318-19



Fuente: American Concrete Institute (2019)

## ANEXO N°6. Panel fotográfico

Figura 35.

*Laboratorio donde se realizaron los ensayos*



Fuente: Propia

Figura 36.

*Peso de materiales según el diseño de mezcla*



Fuente: Propia

Figura 37.

*Materiales listos para cada tanda a realizar*



Fuente: Propia

Figura 38.

*Mezclado de concreto*



Fuente: Propia

Figura 39.

*Lectura de temperatura del concreto en estado fresco*



Fuente: Propia

Figura 40.

*Medida del asentamiento del concreto*



Fuente: Propia

Figura 41.

*Peso unitario del concreto*



Fuente: Propia

Figura 42.

*Elaboración de probetas de concreto*



Fuente: Propia

Figura 43.

*Protección de probetas cilíndricas para evitar pérdida de humedad*



Fuente: Propia

Figura 44.

*Desencofrado de probetas cilíndricas*



Fuente: Propia

Figura 45.

*Codificación de probetas cilíndricas*



Fuente: Propia

Figura 46.

*Curado de probetas cilíndricas de manera estándar*



Fuente: Propia

Figura 47.

*Compuestos químicos de curado utilizados*



Fuente: Propia

Figura 48.

*Preparación de cada compuesto químico de curado a utilizar*



Fuente: Propia

Figura 49.

*Curado de probetas cilíndricas con los diferentes compuestos químicos*



Fuente: Propia

Figura 50.

*Registro de medidas de las probetas para llenar las hojas ficha de datos*



Fuente: Propia

Figura 51.

*Ensayo de resistencia a la compresión de cada probeta cilíndrica*



Fuente: Propia

Figura 52.

*Autores de la investigación en el laboratorio Quality Control Express S.A.C.*



Fuente: Propia