



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm^2 para estructuras hidráulicas, Lima – 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Chuquihuaraca Concha, Cristhian Manuel (ORCID: 0000-0001-9936-5111)

Crisostomo Paucar, Javier (ORCID: 0000-00033935-6285)

ASESOR:

Mg. Villegas Martínez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios por permitirnos gozar de salud,
a nuestros padres y hermanos que
estuvieron, están y estarán presentes
en nuestro desarrollo personal y
profesional.

A todos mis compañeros y amigos que
estuvieron presentes en estos largos
años y nos brindaron su apoyo para
desarrollar la presente tesis, a la casa
de estudios universidad Cesar Vallejo,
a la escuela académica profesional de
ingeniería civil.

Agradecimiento

A Dios, padres, hermanos quienes son responsables de seguir día a día con su apoyo incondicional para cumplir mis metas.

A la universidad Cesar Vallejo por apoyarnos con las gestiones para obtención de muestras en beneficio al desarrollo de la tesis.

A cada uno de nuestros docentes que nos dieron el apoyo constante para nuestro desarrollo profesional en las aulas, compartiendo sus conocimientos en cada oportunidad.

A nuestro asesor, Mg. Casso Valdivia, Hugo por dirigirnos en esta investigación y su absoluto compromiso para el desarrollo de la tesis con sus conocimientos y asesoría, asimismo, al Mg. Villegas Martínez, Carlos Alberto y al Mg. Choque Flores Leopoldo por continuar en nuestra asesoría de forma constante.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	2
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.2. Operacionalización de variables	18
3.3. Población, muestra y muestreo.....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	22
3.5. Procedimiento	24
3.6. Método de análisis de datos.....	24
3.7. Aspectos éticos	24
IV. RESULTADOS.....	25
V. DISCUSIÓN	86
VI. CONCLUSIONES	90
VII. RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS.....	93
ANEXOS	102

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variable independiente	19
Tabla 2. Operacionalización de variable dependiente.....	20
Tabla 3: Muestras para permeabilidad.....	21
Tabla 4: Muestras para compresión.....	22
Tabla 5: Propiedades del cemento Andino Tipo I.....	25
Tabla 6: Composición química, propiedades físicas de cemento y ceniza volante	26
Tabla 7: Granulometría de agregado fino.....	28
Tabla 8: Peso unitario suelto.....	29
Tabla 9: Peso unitario compactado.....	30
Tabla 10: Peso específico.....	30
Tabla 11: Granulometría de agregado grueso.....	32
Tabla 12: Peso unitario suelto.....	33
Tabla 13: Peso unitario compactado.....	33
Tabla 14: Peso específico.....	34
Tabla 15: Características de los agregados.....	35
Tabla 16: Cálculo de resistencia promedio.....	35
Tabla 17: Asentamiento.....	36
Tabla 18: Cantidad de agua unitaria.....	36
Tabla 19: Contenido de aire.....	37
Tabla 20: Relación a/c.....	37
Tabla 21: Módulo de fineza del agregado grueso.....	39
Tabla 22: Proporción en peso para concreto 280kg/cm ² en relación a/c = 0.47 ..	42
Tabla 23: Proporción en peso para concreto 250kg/cm ² en relación a/c = 0.50 ..	42
Tabla 24: Resistencia a la compresión a los 7 días en relación a/c = 0.47.	43
Tabla 25: Resistencia a la compresión a los 7 días en relación a/c = 0.50.....	45
Tabla 26: Resistencia a la compresión a los 28 días en relación a/c = 0.47.	47
Tabla 27: Resistencia a la compresión a los 28 días en relación a/c = 0.50.....	50
Tabla 28: Resumen de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días en relación a/c = 0.47.....	52
Tabla 29: Resumen de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días en relación a/c = 0.50.....	54
Tabla 30: Densidad y Porosidad del concreto a los 28 días en relación a/c = 0.47 y 0.50.....	55

Tabla 31: <i>Velocidad de absorción capilar del concreto a los 28 días en relación a/c = 0.47 y 0.50</i>	57
Tabla 32: <i>Absorción capilar de concreto a los 28 días en relación a/c = 0.47 y a/c = 0.50</i>	59
Tabla 33: <i>Profundidad de penetración y coeficiente de permeabilidad a los 28 días en relación a/c = 0.47 y a/c = 0.50</i>	60
Tabla 34: <i>Resumen de significancia (Valor p) de la hipótesis específica 1</i>	63
Tabla 35: <i>Resumen de significancia (Valor p) de la hipótesis específica 2</i>	74
Tabla 36: <i>Resumen de significancia (Valor p) de la hipótesis específica 3</i>	79

Índice de gráficos y figuras

<i>Figura 1:</i> Requisitos de granulometría para agregado fino de la norma ASTM 33.	13
<i>Figura 2:</i> Comparativa entre componentes químicos de cemento y ceniza volante.	27
<i>Figura 3:</i> Curva granulométrica de agregado fino	29
<i>Figura 4:</i> Curva granulométrica de agregado grueso	32
<i>Figura 5:</i> Resistencia a la compresión a los 7 días en $a/c = 0.47$	44
<i>Figura 6:</i> Resistencia promedio a la compresión a los 7 días en $a/c = 0.47$	44
<i>Figura 7:</i> Variación en porcentajes de $f'c$ promedio a los 7 días en $a/c = 0.47$	45
<i>Figura 8:</i> Resistencia obtenida a la compresión a los 7 días en $a/c = 0.5$	46
<i>Figura 9:</i> Resistencia promedio a la compresión a los 7 días en $a/c = 0.5$	46
<i>Figura 10:</i> Variación en porcentajes de $f'c$ promedio a los 7 días en relación $a/c = 0.5$	47
<i>Figura 11:</i> Resistencia a la compresión a los 28 días en relación $a/c = 0.47$	48
<i>Figura 12:</i> Resistencia promedio a la compresión a los 28 días en relación a/c $= 0.47$	49
<i>Figura 13:</i> Variación en porcentajes de $f'c$ promedio a los 28 días en relación $a/c = 0.47$	49
<i>Figura 14:</i> Resistencia obtenida a la compresión a los 28 días en relación a/c $= 0.5$	51
<i>Figura 15:</i> Resistencia promedio a la compresión (kg/cm^2) a los 28 días en relación $a/c = 0.5$	51
<i>Figura 16:</i> Variación en porcentajes de $f'c$ promedio (%) a los 28 días en relación $a/c = 0.5$	52
<i>Figura 17:</i> Variación en porcentajes de $f'c$ promedio (kg/cm^2) a los 7 y 28 días en relación $a/c = 0.47$	53
<i>Figura 18:</i> Variación en porcentajes de $f'c$ promedio (%) a los 7 y 28 días en relación $a/c = 0.47$	53
<i>Figura 19:</i> Variación en porcentajes de $f'c$ promedio (kg/cm^2) a los 7 y 28 días en relación $a/c = 0.5$	54
<i>Figura 20:</i> Variación en porcentajes de $f'c$ promedio a los 7 y 28 días en relación $a/c = 0.5$	55
<i>Figura 21:</i> Porosidad del concreto a los 28 días en relación $a/c = 0.47$ y 0.50	56
<i>Figura 22:</i> Densidad del concreto a los 28 días en relación $a/c = 0.47$ y a/c $= 0.50$	56

<i>Figura 23:</i> Velocidad de absorción capilar del concreto a los 28 días en relación $a/c = 0.47$	57
<i>Figura 24:</i> Velocidad de absorción capilar del concreto a los 28 días en relación $a/c = 0.50$	58
<i>Figura 25:</i> Absorción capilar del concreto a los 28 días en relación $a/c = 0.47$ y $a/c = 0.50$	60
<i>Figura 26:</i> Profundidad de penetración a los 28 días en relación $a/c = 0.47$ y $a/c = 0.50$	61
<i>Figura 27:</i> Coeficiente de permeabilidad a los 28 días en relación $a/c = 0.47$ y $a/c = 0.50$	62
<i>Figura 28:</i> Estadística de media y desviación estándar de porosidad (%) del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 5% de ceniza volante	64
<i>Figura 29:</i> Estadística de prueba t de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 5% de ceniza volante	64
<i>Figura 30:</i> Estadística de media y desviación estándar de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 10% de ceniza volante	64
<i>Figura 31:</i> Estadística de prueba t de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 10% de ceniza volante	65
<i>Figura 32:</i> Estadística de media y desviación estándar de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 15% de ceniza volante	65
<i>Figura 33:</i> Estadística de prueba t de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 15% de ceniza volante	66
<i>Figura 34:</i> Estadística de media y desviación estándar de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 5% de ceniza volante	66
<i>Figura 35:</i> Estadística de prueba t de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 5% de ceniza volante	66
Fuente: elaboración propia.....	66
<i>Figura 36:</i> Estadística de media y desviación estándar de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 10% de ceniza volante	67
<i>Figura 37:</i> <i>Estadística de prueba t de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 10% de ceniza volante.....</i>	67
<i>Figura 38:</i> Estadística de media y desviación estándar de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 15% de ceniza volante	67
<i>Figura 39:</i> Estadística de prueba t de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 15% de ceniza volante	68
<i>Figura 40:</i> Estadística de media y desviación estándar de densidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 5% de ceniza volante	68
<i>Figura 41:</i> Estadística de prueba t de densidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 5% de ceniza volante	69

<i>Figura 42:</i> Estadística de media y desviación estándar de densidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 10% de ceniza volante.....	69
<i>Figura 43:</i> Estadística de prueba t de densidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 10% de ceniza volante.....	70
<i>Figura 44:</i> Estadística de media y desviación estándar de densidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 15% de ceniza volante.....	70
<i>Figura 45:</i> Estadística de prueba t de densidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 15% de ceniza volante.....	71
<i>Figura 46:</i> Estadística de media y desviación estándar de densidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 5% de ceniza volante.....	71
<i>Figura 47:</i> Estadística de prueba t de densidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 5% de ceniza volante.....	72
<i>Figura 48:</i> Estadística de media y desviación estándar de densidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 10% de ceniza volante.....	72
<i>Figura 49:</i> Estadística de prueba t de densidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 10% de ceniza volante.....	73
<i>Figura 50:</i> Estadística de media y desviación estándar de densidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 15% de ceniza volante.....	73
<i>Figura 51:</i> Estadística de prueba t de densidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 15% de ceniza volante.....	73
<i>Figura 52:</i> Estadística de media y desviación estándar de absorción capilar del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 5% de ceniza volante.....	74
<i>Figura 53:</i> Estadística de prueba t de absorción capilar del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 5% de ceniza volante.....	75
<i>Figura 54:</i> Estadística de media y desviación estándar de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 10% de ceniza volante.....	75
<i>Figura 55:</i> Estadística de prueba t de absorción capilar del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 10% de ceniza volante.....	76
<i>Figura 56:</i> Estadística de media y desviación estándar de absorción capilar del concreto a 28 días en $a/c = 0.47$ con 15% de ceniza volante.....	76
<i>Figura 57:</i> Estadística de prueba t de absorción capilar del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 15% de ceniza volante.....	77
<i>Figura 58:</i> Estadística de media y desviación estándar de absorción capilar del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 5% de ceniza volante.....	77
<i>Figura 59:</i> Estadística de prueba t de absorción capilar del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 5% de ceniza volante.....	77
<i>Figura 60:</i> Estadística de media y desviación estándar de absorción capilar del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 10% de ceniza volante.....	78

<i>Figura 61:</i> Estadística de prueba t de absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 10% de ceniza volante	78
<i>Figura 62:</i> Estadística de media y desviación estándar de absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 15% de ceniza volante	78
<i>Figura 63:</i> Estadística de prueba t de absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 15% de ceniza volante	79
<i>Figura 64:</i> Estadística de media y desviación estándar de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.47 con 5% de ceniza volante	80
<i>Figura 65:</i> Estadística de prueba t de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.47 con 5% de ceniza volante	81
<i>Figura 66:</i> Estadística de media y desviación estándar de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.47 con 10% de ceniza volante	81
<i>Figura 67:</i> Estadística de prueba t de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.47 con 10% de ceniza volante	82
<i>Figura 68:</i> Estadística de media y desviación estándar de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.47 con 15% de ceniza volante	82
<i>Figura 69:</i> Estadística de prueba t de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.47 con 15% de ceniza volante	83
<i>Figura 70:</i> Estadística de media y desviación estándar de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.50 con 5% de ceniza volante	83
<i>Figura 71:</i> Estadística de prueba t de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.50 con 5% de ceniza volante	84
<i>Figura 72:</i> Estadística de media y desviación estándar permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.50 con 10% de ceniza volante	84
<i>Figura 73:</i> Estadística de prueba t de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.50 con 10% de ceniza volante	85
<i>Figura 74:</i> Estadística de media y desviación estándar de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.50 con 15% de ceniza volante	85
<i>Figura 75:</i> Estadística de prueba t de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.50 con 15% de ceniza volante	85

Resumen

La presente investigación tiene como finalidad determinar el efecto de sustitución de cemento por ceniza volante en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, en la ciudad de Lima. Para cumplir con el objetivo, se procedió a realizar diferentes ensayos a los agregados según la norma ASTM, así como la fluorescencia de rayos x de la ceniza volante para obtener sus propiedades físicas y composición química respectivamente.

Para el desarrollo de esta tesis, la ceniza volante se utiliza como sustituto de cemento en el concreto para reducir la permeabilidad sin afectar la resistencia a compresión, para que de esta manera se pueda dar un uso que contribuya a reducir la contaminación. Se utilizó un concreto para estructuras hidráulicas, cuya relación máxima de agua/cemento fue 0.5, tal como especifica en el RNE E-0.60; al concreto se sustituyó el cemento por ceniza volante en proporciones de 5%, 10% y 15% para ensayos de permeabilidad a los 28 días y proporciones de 5%, 10% y 15% para roturas a los 7 y 28 días para verificar la resistencia a compresión.

Se obtuvo como resultado que a los 28 días el concreto patrón con relación agua/cemento de 0.47, una resistencia promedio de 298.27 kg/cm², para 5% de ceniza volante 316.10 kg/cm², para 10% de ceniza volante 307.87 kg/cm² y para 15% de ceniza volante 270.10 kg/cm²; respecto a la permeabilidad, se obtuvo a los 28 días para el concreto patrón 1.44% de volumen de poros, 2.93 mm de absorción capilar y 40 mm de absorción bajo presión de agua, para 5% de ceniza volante 1.38% de volumen de poros, 2.63 mm de absorción capilar y 35 mm de absorción bajo presión de agua, para 10% de ceniza volante 1.37% de volumen de poros, 2.37 mm de absorción capilar y 28 mm de absorción bajo presión de agua y para 15% de ceniza volante 1.36% de volumen de poros, 2.00 mm de absorción capilar y 23 mm de absorción bajo presión de agua. En conclusión, la permeabilidad se reduce a medida que se agrega ceniza volante, no obstante, si se sustituye por más del 10%, la resistencia a compresión se ve perjudicada notablemente.

Palabras clave: Ceniza volante (CV), permeabilidad, absorción capilar, porosidad

Abstract

The purpose of this research is to determine the effect of substitution of cement by fly ash on the permeability of concrete 280 kg / cm^2 for hydraulic structures, in the city of Lima. To meet the objective, different tests were carried out on the aggregates according to the ASTM standard, as well as the x-ray fluorescence of the fly ash to obtain their physical properties and chemical composition respectively.

In the present investigation, fly ash is used as a substitute for cement in concrete to reduce permeability without affecting compressive strength, so that in this way it can be used to help reduce contamination. A concrete was used for hydraulic structures, whose maximum water / cement ratio was 0.5, as specified in RNE E-0.60; cement was substituted for concrete for fly ash in proportions of 5%, 10% and 15% for permeability tests at 28 days and proportions of 5%, 10% and 15% for breaks at 7 and 28 days to verify resistance compression.

The result was that at 28 days the standard concrete with a water / cement ratio of 0.47, an average resistance of 298.27 kg / cm^2 , for 5% of fly ash 316.10 kg / cm^2 , for 10% of fly ash 307.87 kg / cm^2 and for 15% fly ash 270.10 kg / cm^2 ; Regarding the permeability, it was obtained at 28 days for the standard concrete 1.44% of pore volume, 2.93 mm of capillary absorption and 40 mm of absorption under water pressure, for 5% fly ash 1.38% of pore volume, 2.63 mm of capillary absorption and 35 mm of absorption under water pressure, for 10% fly ash 1.37% of pore volume, 2.37 mm of capillary absorption and 28 mm of absorption under water pressure and for 15% fly ash 1.36% of volume of pores, 2.00 mm of capillary absorption and 23 mm of absorption under water pressure. In conclusion, the permeability is reduced as fly ash is added, however, if it is replaced by more than 10%, the compressive strength is noticeably impaired.

Keywords: Fly ash (FA), permeability, capillary absorption, porosity

I. INTRODUCCIÓN

Con el avance del tiempo el mundo se ha convertido en una zona superpoblada, cuenta con una superficie de agua del 70% con un aproximado de 1400 millones de km³, una cantidad abrumadora que no necesariamente es beneficiosa para realizar las distintas actividades del ser humano, puesto que, únicamente el 0.3% resulta bueno para el desarrollo de la agricultura y el consumo humano. Es por ello, que el hombre en el ámbito de la ingeniería se ha concentrado en desarrollar diversas obras para el aprovechamiento de este recurso vital que, se estima como el desencadenante para la tercera guerra mundial catastrófica, donde la raza humana se extinga. Presas, diques, muelles, acueductos, canales, centrales hidroeléctricas son planificadas y construidas cada año, donde según la dificultad, envergadura o cualquier vicisitud que deben afrontar, las convierte en las obras maestras de la ingeniería.

El cemento es en el mundo, un elemento útil con grandes propiedades beneficiosas para el desarrollo de infraestructura que muchos sólo lo pudieron imaginar, no obstante, se atribuye a la producción del cemento un 7% de CO₂ que se registra en el mundo, incluso en comparación de todos los camiones durante la combustión. Tal como lo afirma la Asociación Europea del Cemento (CEMBUREAU), se libera al menos el 50% del material como CO₂. Es por ello, que el uso de elementos cementantes alternos genere un alivio al deterioro ambiental. En el Perú tenemos producto de la combustión hidroeléctrica las cenizas volantes, que de no dar un correcto desecho o uso genera problemas medio ambientales al encontrarse en el aire.

En el Perú existen grandes reservas de agua por la ubicación geográfica donde se posiciona, el mismo que le da riqueza al ecosistema (fauna y flora) de la Amazonía. La mayor cantidad de agua proviene de manantiales subterráneos o superficiales que en gran cantidad y por intervención del hombre, estas se encuentran en sus mayorías contaminadas y consideradas no aptas para el consumo humano y desarrollo agrícola. Los canales abiertos han sido desarrollados desde nuestros antepasados como una forma eficiente de direccionar este líquido vital por grandes distancias, no obstante, transportar el agua por este medio presenta algunas adversidades que generan pérdidas y problemas a las zonas adyacentes como

evaporación, filtración que muchas veces pueden afectar viviendas aledañas a este. Las estructuras hidráulicas en el mundo deben asegurar que las estructuras puedan mantener impermeables las paredes en contacto directo con el agua para no generar pérdidas importantes en el transporte y/o almacenaje del fluido y con esto alargar la vida útil con un menor deterioro del concreto.

Por lo antes mencionado, se tiene que la producción del cemento y las cenizas producto del carbón generan altos índices de contaminación poco controladas, es por ello que, desde varios años atrás se ha conseguido y demostrado que el uso en conjunto de estos dos elementos genera resultados positivos para las propiedades del concreto como la permeabilidad, resistencia, entre otros. Como lo define Durán y Velásquez (2016) las cenizas volantes (CV) por tener composición químico y físico semejantes al de cemento son considerados como material fina puzolana (p. 18); en tal sentido se pretende evaluar la permeabilidad del concreto reemplazando en proporción de 0%, 5%, 10% y 15% de cemento por CV en $a/c = 0.47$ y 0.5 con la garantía de cumplir las condiciones necesarias estipuladas del concreto en la Norma Técnica Peruana, ASTM y el ACI del cual nos regimos.

II. MARCO TEORICO

Investigación internacional de Silva y Delvasto (2013), en su revista científica “Concreto autocompactante con diferentes niveles de ceniza volante y escoria de combustión de carbón” con el objetivo de ver la contribución de CV en sus propiedades físicas y químicas del concreto fresco basados en la compresión y permeabilidad, realizados en varios tiempos de fraguado y porcentajes diferentes en 35% y 50% de cemento por ceniza volante, manteniendo la relación de agua y cemento (p. 2). Se utiliza CV de la central térmica Ilo 21 ubicado en la Ciudad de Moquegua.

Para lo cual fue el método experimental haciendo el ensayo de estado fresco de concreto autocompactante, mecánicos y durabilidad. Por los resultados obtenidos del uso de ceniza volantes y escoria llegó a concluir que la mayor resistencia se obtiene con la escoria de carbón, porque el tamaño de partículas es inferior al de ceniza volante y demanda de mayor cantidad de agua por tener alto contenido de inquemados, su desempeño de la escoria en concreto autocompactante es mucho

mayor al concreto convencional por tanto es recomendable el uso en las construcciones (Silva y Delvasto, 2013, p. 8).

La investigación realizada por Mejía, Torres y Valderrama (2011) en la revista científica de Ingeniería, cuyo título es “A high unburned carbon fly ash concrete’s performance characteristics” donde el objetivo fue analizar el efecto que producen en el concreto adicionando CV para conocer las características de resistencia a compresión, absorción de agua por capilaridad y permeabilidad a cloruros, además se relaciona su comportamiento respecto a subproducto que se obtiene de la incineración de cuarzo, que es el humo de sílice (MS) (p. 39).

La investigación de la revista científica utilizó una metodología experimental donde realizó pruebas y ensayos en proporción de 10%, 20% y 30% de CV como sustituto, donde concluyeron que el porcentaje óptimo para no alterar el comportamiento mecánico es de 10% como reemplazo del cemento por la ceniza volante, no obstante, incrementar dicho porcentaje de sustitución genera mejora en las características de absorción capilar y permeabilidad a cloruros.

En el estudio internacional elaborado por Molina (2008), en su tesis doctoral “La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento pórtland en la durabilidad del hormigón” se propuso estudiar la influencia que generaba las CV para el comportamiento durable y mecánico del hormigón, donde a su vez realizaron ensayos con el ion cloruro, gas y agua fluida (p. 2-27).

El método aplicado para determinar la influencia fue experimental con diferentes tipos de ensayo requerido para la determinación, llegando a concluir que la capacidad que tiene el hormigón para resistir la penetración del agua va aumentando gradualmente con la adición de cenizas volantes, no obstante, esta resistencia se ve afectada cuando se sobrepasa el 15% de sustitución, puesto que, su la capacidad de resistencia a penetración de fluidos es despreciable (Molina, 2008, p. 5-5)

El estudio científico internacional de Ozyildirim y Zegetosky (2010) titulado “Laboratory investigation of nanomaterials to impruve the permeability and estrength of concrete” (p. 1). La investigación pretendió realizar muestras para determinar si los nanomateriales tales como la ceniza volante generan cambios favorables en las propiedades del concreto (Zegetosky, 2010, p. iii).

La investigación presentó una metodología experimental puesto que generó ensayos y pruebas de laboratorio para determinar en base a resultados lo que se pretendía resolver, llegando a la conclusión que la sustitución de nanomateriales tales como ceniza volante, que se usan en porcentajes pequeños, mejoran las características de resistencia a compresión, durabilidad y permeabilidad del espécimen endurecido (Ozyildirim y Zegetosky, 2010, p. 13).

Estudio internacional de Valdez et al (2007), revista presentada de “concretos fluidos con altos volúmenes de ceniza volante” como objetivo fue determinar la resistencia del concreto con mayor proporción de CV en porcentajes hasta de 150% de peso de cemento, para cual el cemento utilizado fue 100kg/m^3 y por otro lado 150 kg/m^3 (p. 54).

El método fue experimental realizado en laboratorios los diferentes ensayos requeridos por el estudio, llegando a concluir que los dos series utilizados de cemento por m^3 , las pruebas respectivas realizadas es las dos escalas presentadas con la mezcla patrón todo ello con el uso de aditivo superfluidificante de policarboxilato en la escala A superfluidificante de naftaleno en la escala B, arrojan valores en un 29% de sustituir gran cantidad de cemento por ceniza volante, llegando a superar en la escala B en un 29% de resistencia con mezcla de referencia (Valdez et al, 2007, 56).

En la investigación científica internacional desarrollada por Pistroda (2013) de la Revista Internacional de Ingeniería y Tecnología Innovadora (RIITI), “Evaluation of Sorptivity and Water Absorption of Concrete with Partial Replacement of Cement by Thermal Industry Waste (Fly Ash)” (p. 245) en esta investigación donde desarrollaron la importancia de tener un concreto que resista en función a una característica importante que son los poros que se forman en el concreto y que da lugar al paso del agua que a su vez provoca daños en la estructura interna del concreto (Pitroda, 2013, p, 245).

La investigación de diseño experimental, analizó la estructura del concreto utilizando CV como reemplazo parcial del cemento, el cual concluyeron que el sustituto del 10% de cemento por CV bajo un diseño de mezcla M25 y M40, generan una reducción de la permeabilidad del concreto, permitiendo una absorción del agua baja que permite compactar mejor y dar mayor durabilidad al concreto (Pitroda, 2013, p, 248).

Para el estudio de Romero y Hernández (2014) en su tesis “diseño de mezclas de hormigón por el método A.C.I. y efectos de la adición de cenizas volantes de Termotasajero en la resistencia a la compresión” que planteó como objetivo primordial fue conocer la influencia de CV en la resistencia a compresión de especímenes cilíndricas (p. 5).

La investigación se realizó por el método experimental agregados al método A.C.I., donde concluyeron que la resistencia del concreto gradualmente evoluciona dotando de mayor resistencia en sus distintas sustituciones con porcentajes entre el 10% y 30%, a la compresión que en el concreto patrón sin la CV, según los especímenes con ceniza volante evidenciados en las diferentes pruebas se detectó además que en los primeros días, el concreto alcanza resistencia inferiores a los especímenes con 0% de cenizas volantes (Romero y Hernández, 2014, p. 105).

Para la investigación realizada por Horsakulthai y Paopongpaiboon (2013) bajo el título “Strength, chloride permeability and corrosion of coarse fly ash concrete with bagasse-rice husk-wood ash additive” en la revista científica American Journal of Applied Sciences cuyo objetivo fue mejorar la resistencia y durabilidad del hormigón grueso adicionando cenizas volantes y a su vez investigar sobre los beneficios para reducción de la corrosión (p. 239).

La investigación presentada se encuentra bajo la metodología experimental donde se analizaron en laboratorio los testigos para el estudio de permeabilidad, durabilidad y resistencia a la corrosión, concluyendo que la adición de cemento por CV molido hasta un 40% generan mejoras significativas en la resistencia, permeabilidad al cloruro y corrosión tanto a corto como a largo plazo de fraguado, no obstante en los testigos de 60% de (FA) se mejoró únicamente en la resistencia del hormigón (Horsakulthai y Paopongpaiboon, 2013, p. 245).

En una investigación hecha por Escobar (2012), en la tesis “efecto del uso de ceniza volante en el proceso de agrietamiento del concreto por corrosión del acero de refuerzo” el objetivo general fue conocer el impacto que presenta la CV en la aparición de grietas en el recubrimiento de elementos estructurales por la corrosión de aceros de refuerzo (p. 39).

La investigación desarrollada con el método experimental a través de ensayos en probetas y testigos obtuvo conclusiones que confirmaban la hipótesis antes planteada que, las propiedades físicas en el concreto mostraban mejoras, tal es el

caso de la porosidad, el concreto tuvo una disminución significativa de continuidad en la red porosa quien es el responsable de la filtración del fluido; se obtuvo dicho resultado posterior a 28 días de curado con agua (Escobar, 2012, p. 106).

La universidad Curlin presentó un artículo científico internacional por Pradip y Pradip (2011) titulado “Effect of fly ash on the durability properties of high strength concrete” el cual el objetivo general fue determinar la proporción de la mezcla y las características de CV para aumentar la durabilidad del concreto (p. 1150).

La metodología presentada es experimental donde analizaron los ensayos de testigo con una mezcla de concreto, sustituyendo entre el 30% y 40% de cemento por ceniza volante, concluyendo que un concreto con reemplazo de cenizas volantes de clase F en un 40% genera un concreto de alta resistencia y baja permeabilidad y por ende con una gran durabilidad del mismo (Pradip y Pradip, 2011, p. 1155).

El estudio internacional de Molina, Moragues y Galvez (2008) en una investigación por el departamento de Ingeniería Civil titulada “la influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento portland en la durabilidad del hormigón: propiedades físicas, difusión de ion cloruro y del dióxido de carbono” como objetivo fue conocer la influencia de CV en la durabilidad de concreto en elementos estructurales, basado en la normativa que admite la cantidad de ceniza volante para el sustituto de cemento (p. 2).

El método aplicado fue experimental con distintos ensayos, llegando a concluir que el ion cloruro es limitado en la penetración del espécimen por el uso parcial de cenizas volantes, quedando evidenciado que la ceniza volante genera la reducción de poros que son generadas por la adición de esta (Molina, Moragues y Galvez, 2008, p. 6).

Estudio realizado en ámbito nacional de Gonzales y Mendoza (2016), en su proyecto de investigación de “Evaluación de las propiedades del concreto y endurecido con el uso de las cenizas volantes como sustitución parcial del cemento en la ciudad de Arequipa”, como objetivo general era verificar el efecto que produce la CV en sus propiedades físicas del concreto en distintos tiempos de curado, de igual manera diseño de mezcla a diferentes esfuerzos de compresión estandarizados (p. 17).

El método aplicado a la investigación fue experimental. Llegando a concluir que el remplazo en 10% de cemento por ceniza volante genera menores costos en precio unitario, los vacíos reducen, la resistencia a la compresión aumenta a los 28 días, el peso unitario es considerablemente menor al concreto patrón. También recomienda el uso en vaciados de grandes cantidades volumétricas porque la temperatura disminuye y la hora de fraguado su contracción es inferior al patrón, asimismo genera menos costo y menos peso. (Gonzales y Mendoza, 2016, p. 336). Investigación realizada a nivel nacional de Balcázar y Castillo (2014), en su tesis “Uso de cenizas volantes provenientes de calderos de lecho fluidizado en concretos autocompactantes y su influencia en la resistencia a la compresión” propuso como objetivo primordial calcular la cantidad necesaria de CV en un concreto autocompactante, por tanto, su esfuerzo a la compresión con ceniza volante sea superior al concreto normal, de igual manera demostrar si la ceniza volante afecta en sus propiedades físicas y químicas del concreto (p. 11).

Se llevó a cabo el método experimental ya que realizó el ensayo de concreto autocompactante en fresco y endurecido en diferentes dosificaciones y edades de curado. Llegando a concluir que el remplazo de cemento por CV mejora en la resistencia en proporción de 10% que es lo más adecuado. Mayores a 10% la resistencia alcanzada es en mayor tiempo de curado por tanto recomienda hacer estudios con porcentajes diferentes al mencionado para ver el tiempo que tarda en alcanzar la resistencia dada por la norma. Y recomienda estudios de permeabilidad con sustituto de 10% de cemento por CV y estudio de resistencia a los sulfatos (Balcázar y Castillo, 2014, p. 48).

En la investigación nacional presentada por Patiño y Venegas (2017) en la tesis titulada “Análisis de las propiedades físico-mecánicas de un concreto elaborado con ceniza volante en porcentajes de 10%, 20%, y 30% en sustitución parcial del cemento” el objetivo fue estudiar las características mecánicas y físicas que origina la CV sustituido en porcentajes de 10%, 20% y 30% al cemento, con materiales granulares provenientes de la zona para un concreto 210 kg/cm² (p. 6).

La investigación desarrollada fue con una metodología experimental que se llega a partir del desarrollo de procedimientos y resultados obtenidos, los investigadores concluyeron que el concreto con cenizas volantes presentó una disminución de asentamiento en estado fresco frente a la prueba de Slump a comparación del

concreto patrón que se preparó sin cenizas volantes, teniendo como resultados en el concreto patrón de 1.4” y en las muestras con ceniza volante un intervalo de 1” a 1.3”, manteniendo a estos dentro de un diseño de mezcla plástica y dentro de los parámetros de diseño establecido (Patiño y Venegas, 2017, p. 186).

Investigación nacional de Tagle (2019), en su tesis “Análisis comparativo de las propiedades físico – mecánicas de un mortero patrón; y un mortero sustituyendo el peso del cemento con ceniza volante en porcentajes de 5%, 10% y 15%, elaborando con agregados de Cunyac y Pisac – Cusco 2017”. Entre sus objetivos era la comparación físico y mecánico de mortero fresco y endurecido con los ensayos respectivos para cada una de las propiedades planteadas, sustituyendo en varios porcentajes el cemento por la ceniza volante con respecto al concreto convencional, además calcular la cantidad exacta de ceniza volante para superar en la resistencia al concreto de prueba, verificar la variación de resistencia a compresión y flexión sustituido por cenizas volantes (p. 5).

El estudio realizado fue de cuasi – experimental, se relacionó las dos variables para obtener su influencia uno con el otro. Llegando a concluir que el objetivo principal planteada no se llegó a comprobar por que la resistencia a flexión fue inferior a la muestra patrón sin embargo la resistencia compresión fue mayor, así mismo la cantidad de ceniza volante de 5% es adecuado para mejorar la resistencia a los 28 días de curado, a mayor porcentaje disminuye la resistencia a compresión de concreto (Tagle, 2019, p. 177).

La investigación nacional de Huaquisto y Belizario (2018) en la revista de investigaciones Altoandinas “Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento” donde tuvieron como objetivo de descubrir los porcentajes adecuados de ceniza en la dosificación de diseño de mezcla para diferentes esfuerzos de compresión de concreto, sin disminuir su resistencia a los 28 días de curado y aminorar su contaminación a la ecosistema por ser un producto altamente contaminante (p. 228).

La investigación desarrollada fue con una metodología no experimental de tipo comparativo donde buscaban comparar la dosificación optima, concluyendo que al sustituir en porcentajes menores a 10% de cemento por ceniza generan una reducción de poros en el concreto debido a la finura de este, no obstante, el uso excesivo en porcentajes mayores a 10% genera impacto negativo en la resistencia

a compresión del concreto, por lo que, se presentan problemas en el control de calidad (Huaquisto y Belizario, 2018, p. 232).

Proyecto de investigación nacional de Celestino (2018), es su tesis desarrollado de “determinación y evaluación de las patologías del concreto en el canal de riego Lucma progresivas (1+000 al 2+000) del caserío de Lucma, Distrito de Tarica, Provincia de Huaraz, Departamento Áncash – 2018”, su objetivo fue determinar las diferentes fallas o problemas en el canal trapezoidal revestido de concreto, en el tramo y lugar detallado en el título de la tesis, para ver en qué condiciones se encuentra el canal y su uso en riego (p. 2).

La investigación de metodología no experimental que desarrolla la investigación en base a estudio y análisis sin recurrir a ensayos en laboratorio tuvo como conclusión identificaron las diferentes fallas o patologías existentes en la estructura hidráulica con un total de 12 muestras estudiadas y analizadas en un intervalo de 9 metros tanto en el lado izquierdo, derecho y fondo del canal; las patologías encontradas y que ocasionaban problemas en abastecimiento del fluido fueron grietas, fisuras, eflorescencia, mohos, degradación y musgos (Celestino, 2018, p. 134).

La investigación nacional de Barrantes y Holguín (2015), en su tesis desarrollado de “Influencia del porcentaje de reemplazo de ceniza volante por cemento, sobre la resistencia a la compresión y absorción en la fabricación de adoquines de tránsito liviano”, su objetivo fue determinar la influencia de CV en la resistencia y porosidad de los adoquines de tránsito liviano (p. 35).

La investigación fue experimental, los resultados se obtuvieron a base de ensayos en laboratorio como conclusión la ceniza volante en 20% produce mayor resistencia y disminuye el porcentaje de absorción respecto al patrón (Barrantes y Holguín, 2015, p. 5).

El estudio nacional de Sánchez (2018), en su tesis presentado como “determinación de las características físico-mecánicas de un concreto de alta resistencia de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ con adición de ceniza volante”, el objetivo general planteado fue determinar las características como resistencia, porosidad, porcentaje óptimo, propiedades de estado fresco y endurecido con adición de ceniza volante (p. 5).

La metodología fue experimental ya que se manipula las variables en diferentes porcentajes de ceniza volante para obtener la variación con respecto al patrón.

Como conclusión el porcentaje máximo de ceniza es de 12% ya que mejora la resistencia, disminuye la absorción y porosidad (Sánchez, 2018, p. 74).

La investigación nacional de Mariluz y Ulloa (2018), en su tesis presentada como “Uso de las cenizas volantes de carbón excedentes de la central termoeléctrica Ilo 21 – Moquegua como adición para mejorar las propiedades del concreto: Resistencia a la compresión, absorción, manejabilidad y temperatura”, el objetivo fue determinar mediante la adición de ceniza volante las propiedades de resistencia, absorción, manejabilidad y temperatura (p. 7).

La metodología fue experimental se trata de verificar el comportamiento de concreto endurecido y fresco a través de los ensayos en laboratorio, en el estudio concluyeron que a adición de CV hasta el 20% mejora la resistencia y disminuye la absorción capilar, la mayor trabajabilidad es con 5% CV (Mariluz y Ulloa, 2018, p. 123).

La investigación nacional de Contreras y Vásquez (2017), en su tesis de “análisis de la resistencia a la compresión y permeabilidad en concreto adicionando dosificaciones de ceniza volantes de carbón en la mezcla”, el objetivo principal fue evaluar la resistencia a compresión, permeabilidad y la incidencia de los diferentes porcentajes de carbón en el diseño de mezcla (p. 13).

La metodología fue experimental fue cuasi experimental ya que se tiene grupo experimental y control, como conclusión aumenta la resistencia y reduce la permeabilidad en las dosificaciones del 1.5%, 3%, 4.5% y 6% de ceniza volante (Contreras y Vásquez, 2017, p. 116).

Ceniza volante (CV) se obtiene de la producción del carbón en plantas térmicas industriales en un material puzolana, se obtiene con el equipo de limpieza de gases de caldera que son los precipitadores electrostáticos, además existen dos tipos de CV de clase F y C, la primera existe en porcentaje de 15% a través de la combustión de antracita, se recomienda el uso en concretos de alta resistencia en contacto al suelo con presencia de iones de sulfato como también en contacto con aguas subterráneas después de haber sido tratados con cal, sin embargo la clase C se produce entre el 15% a 30% de la combustión de lignito, no necesita tratamientos con cal en suelos y es aplicable en concretos pretensados (Canals, 2007, p. 10). Además, las cenizas volantes se forman al ser arrastrados por los gases en plantas electrotérmicas y rescatados en membranas o filtros que tienen los precipitadores

electrostáticos en partículas finas y sólidos, esto garantiza su resistencia mecánica en hormigones a largo plazo (Rodríguez, 1988, p. 663).

Las cenizas volantes contienen en un porcentaje carbones inquemados por mal funcionamiento de quemadores, a partir del tamizado los inquemados vuelven a ser utilizados en las plantas térmicas y las finas exportados para la construcción, según el estudio de 1996 por el centro de Investigaciones de Carbón se producen 4.852 toneladas de inquemados esto de 26.852 toneladas de cenizas volantes, investigado solamente a 25 empresas de Antioquía que generan el uso de 406.602 toneladas al año del consumo de carbón (Velásquez et al, p. 107).

La información de energía presentada por EE. UU sobre la industria del carbón en el Perú en los años 1980 hasta el 2016, la producción promedio fue de 140.72 mil toneladas, consumo de 511.95 mil toneladas, importación de 462.82 mil toneladas y exportación de 29.68 mil toneladas (The Global Economy.com, 2018, párr. 1).

Análisis químico de los materiales muestra el uso de Óxido de Silicio en mayor cantidad superando a las propiedades del cemento Holcim y Cemex y en menos cantidad de Oxido de Calcio lo cual cumplieron con las normas que rige el país español, para adicionar o sustituir en el hormigón procedentes de una central térmica, como también es importante que se haga el análisis de granulométrico de partículas (Molina, 2008, p. 3-4).

En la composición química de CV es importante conocer la cantidad de porcentajes en sulfatos de potasio, sodio y calcio que son componentes primordiales del producto, de acuerdo a ellos se clasifica en cenizas de bajo y alto contenido de sulfatos, así mismo a la humedad que están expuestos es perjudicial ya que modifica la cantidad de agua retenida y por la incineración en plantas térmicas afecta en la demanda de agua en el concreto (Santaella, 2000, p. 53).

Existen requisitos químicos y físicos que la ceniza volante debe cumplir para que sea aplicable en el concreto, respecto a los químicos, es importante el contenido de humedad, perdida por calcinación, trióxido de azufre y cantidad de sulfatos de potasio, sodio y calcio, así mismo, en lo físico es importante la finura, densidad, cantidad de agua y la capacidad de mortero de soportar las tensiones en el mezclado con agua (ASTM C 618, 2006, p. 2).

El cemento es un producto de amplia demanda a nivel nacional, se caracteriza por tener componentes en mayor parte de silicato y aluminato tricálcico que fueron

logrados a partir de la calcinación y estos reaccionan químicamente al combinarse con agregados y agua formando un cuerpo rígido o endurecido en un plazo de tiempo (Pérez, 2018, p. 30).

El cemento está compuesto principalmente de aluminato tricálcico (C_3A), silicato di cálcico (C_2S), silicato tricálcico (C_3S), y aluminio ferrita tricálcica (C_4AF), estos

componentes endurecen, contribuye en la resistencia, ayuda en la liberación del calor del concreto fresco y esto ayuda en la durabilidad del cemento. (Cortez y Sánchez, 2006, p. 17).

Los agregados inertes conforman como uno de los elementos del concreto en la interacción de la mezcla, dichos elementos presentan una característica definida según el lugar de la extracción que pueden verse alterados por los diversos procesos que pasan hasta llegar a los centros de manufactura para la elaboración del concreto, durante estos procesos de obtención del material y que pueden generar cambios son: extracción, selección y distribución (Chan, Solís y Moreno, 2003, p. 39).

Los áridos son altamente usados para las mezclas de concreto que podemos encontrar en un estado fino y grueso, estos elementos presentan diferentes tamaños de partículas que se deben limitar en mínimos y máximos útiles desde diminutos milímetros hasta milímetros considerables, no obstante, el tamaño que se usa comúnmente en los concretos es variado, donde el volumen de cada tamaño de partícula se determina mediante la granulometría. (Neville, 2013, p. 75).

En todo trabajo de aplicación e investigación es imprescindible el desarrollo granulométrico de los agregados con la finalidad de saber y poder verificar cada parte de los agregados finos y gruesos. Esto debido a que las partículas más pequeñas del tamiz 600 μm influye en la trabajabilidad de la mezcla de concreto, tabla 3.22 (Neville, 2013, p. 114).

BS	ASTM No.	Granulometría total	Granulometría gruesa	Granulometría media	Granulometría fina	ASTM C 33-93
10.0 mm	⅜*	100				100
5.0 mm	⅝*	89-100				95-100
2.36 mm	8	60-100	60-100	65-100	80-100	80-100
1.18 mm	16	30-100	30-90	45-100	70-100	50-85
600 μm	30	15-100	15-54	25-80	55-100	25-60
300 μm	50	5-70	5-40	5-48	5-70	10-30
150 μm	100	0-15*				2-10

Figura 1: Requisitos de granulometría para agregado fino de la norma ASTM 33.

Fuente: elaboración propia

El concreto actualmente es más empleado en la construcción de elementos estructurales por tener resistencia a compresión y flexión mayor a cualquier otro material, para ello la dosificación de agua, arena y cemento es vital, así mismo, es importante conocer los componentes, propiedades, calidad, transporte, curado, inspección del concreto y de los materiales involucrados (Léctor y Villareal, 2017, p. 29).

El diseño de mezcla para el concreto es una denotación que necesariamente pone a disposición dos direcciones para su toma de referencia como la resistencia y la durabilidad del concreto, no obstante, la trabajabilidad juega un rol muy importante, puesto que, a partir de ello dependerá una apropiada condición para el vaciado en obra. El tal sentido, se deben considerar muchos factores desde los agregados que se utilizarán hasta el tiempo de traslado a obra (Neville, 2013, p. 509).

La relación de agua/cemento es una de las características a tomar en cuenta en la dosificación de diferentes concretos, desde la antigüedad se plantearon en las investigaciones de concreto armado que la relación a/c influye en la durabilidad, resistencia a compresión y flexión, de acuerdo a ello llegaron a concluir que la resistencia dependerá de la relación a/c y el slump aplicado. Mejorando la durabilidad, trabajabilidad, permeabilidad y resistencia (Molina, 2008, p. 48).

La permeabilidad consiste en que la pasta de concreto es atravesada por presencia de líquido o gases, por diferentes causas como presión de la gravedad, presión entre dos cuerpos, permeabilidad de los componentes del concreto endurecido, de la compactación, de la dosificación de a/c, del tiempo y forma de curado, por tanto, el concreto tiene durabilidad y es resistente a los agentes que penetran (Bustamante, 2017, p. 18).

La permeabilidad baja se considera cuando la filtración de aire y agua es menor, la relación agua/cemento es de vital importancia para disminuir la relación de vacíos, menos penetración de agua por capilaridad y es más homogéneo, el tiempo de curado adecuado lo impermeabiliza al concreto, aumenta la resistencia y la durabilidad (Patiño y Venegas, 2017, p. 34).

La densidad del material es básicamente la cantidad de partículas por una unidad de medida donde no se puede físicamente hacer que no exista huecos entre estas, no obstante, en la dosificación se trata de calcular la densidad aparente del agregado para poder convertir las cantidades obtenidas de masa por volumen (Neville, 2013, p. 88).

La absorción de fluidos en el concreto se presenta debido al volumen de la cantidad de poros existentes y la capacidad que tiene el fluido de penetrar en el concreto. Para poder realizar la medición de este, se realiza secando el espécimen para posteriormente sumergirlo en agua y poder obtener el porcentaje de masa en un determinado tiempo respecto a la masa seca, este porcentaje casi siempre se encontrará por debajo del 10% (Neville, 2013, p. 340).

Según NTC (1998) el coeficiente de permeabilidad se da a partir de los poros capilares que contiene el concreto saturado, para la obtención de dicho parámetro es necesario recurrir a la ley de Darcy por un flujo constante (p. 5).

La porosidad o índice de vacíos en concretos tratados con ceniza de fondo de 25% y 35% a 28 días de curado es inferior a la muestra de referencia, sin embargo, para concretos con curados mayores a los 28 días, la porosidad disminuye; cuánto más sea la sustitución de porcentajes la permeabilidad baja a tiempos mayores (Argiz, Menéndez y Sanjuán, 2013, p. 62).

Las estructuras u obras hidráulicas son proyectos de ingeniería que permiten la máxima utilización de agua y disminuye su acción de pérdida por filtración y evaporación, esto para el beneficio de los seres vivos (Novak, Moffat y Nalluri, 2001, p. 259).

En este proyecto de investigación se plantea el siguiente problema general: ¿Qué efecto causará la sustitución de cemento por ceniza volante en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020? El primer problema específico es ¿la sustitución de cemento por CV reducirá los espacios vacíos o porosidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020? El

segundo problema específico es ¿La sustitución de cemento por CV disminuirá la absorción capilar del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020? y como último problema específico es ¿La sustitución de cemento por CV reducirá la permeabilidad bajo presión de agua del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020?

La presente investigación que se desarrolla justifica el estudio, ya que en el Perú las obras hidráulicas tales como canales representan un factor importante en el desarrollo agrícola, alimenticio, desarrollo productivo y humano, el estado realiza diferentes proyectos con el objetivo de aumentar año tras año la calidad de riego, almacenamientos, diques, represas frente a desafíos de la naturaleza, mantenimiento, deterioro y calidad, puesto que, el agua es un líquido vital que debemos mantener y garantizar el suministro a los diferentes sectores que lo requieren. En el distrito de Ate, en la zona se encuentran una gran cantidad de población dedicadas a la agricultura que con sus productos abastecen al mercado local para consumo interno, así como también este líquido vital es usado como consumo en muchos lugares que no cuentan con obras de saneamiento, generando una necesidad primordial de conservación y abastecimiento del agua. Ya que, el Perú es un lugar que necesariamente tiene la necesidad de realizar obras en contacto con el agua por las zonas geográficas que lo determinan, el estudio busca generar resultados para el concreto con baja permeabilidad y mostrar una opción que resulte agradable al medio ambiente y soluciones sus problemas de la sociedad.

En este último se presentan diferentes patologías en los canales de concreto que lo representan en parte como pérdida de agua por filtración, estudios de patologías en el concreto de canal han demostrado que las filtraciones se producen por problemas de permeabilidad que vienen asociados a la vida útil, durabilidad y calidad del concreto para resistir las inclemencias climáticas. En base a la justificación antes mencionada, este proyecto busca estudiar la propiedad de permeabilidad del concreto sustituyendo cenizas volantes por el cemento, así también, de ser positivo los resultados, contribuir en la reducción de contaminación generadas en la fabricación del cemento y la eliminación de las cenizas volantes.

H₀: La hipótesis general nula es: Sustitución de cemento por ceniza volante no reduce la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020. La primera hipótesis específica nula es; sustitución de cemento por ceniza volante no reduce los espacios vacíos o porosidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020. La segunda hipótesis nula es; sustitución de cemento por ceniza volante no disminuye la absorción capilar del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020 y como última hipótesis nula es; sustitución de cemento por ceniza volante no reduce la permeabilidad bajo presión de agua del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020.

H₁: La hipótesis general alternativa es: Sustitución de cemento por ceniza volante reduce la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020. La primera hipótesis específica alternativa es; sustitución de cemento por ceniza volante reduce los espacios vacíos o porosidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020. La segunda hipótesis alternativa es; sustitución de cemento por ceniza volante disminuye la absorción capilar del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020 y como última hipótesis alternativa es; sustitución de cemento por ceniza volante reduce la permeabilidad bajo presión de agua del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020.

En la investigación el objetivo general es: Determinar el efecto de sustitución de cemento por ceniza volante en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020. El primer objetivo específico es; determinar en qué porcentaje la sustitución de cemento por ceniza volante reduce los espacios vacíos o porosidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020. El segundo objetivo es; determinar en qué medida, la sustitución de cemento por ceniza volante disminuye la absorción capilar del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020 y el último objetivo es; Calcular en qué medida, la sustitución de cemento por ceniza volante reduce en la permeabilidad bajo presión de agua del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020.

III. METODOLOGÍA

El método de estudio de enfoque cuantitativo aplica una secuencia en el proceso, comenzando de una idea delimitada de estudio donde posteriormente se generan objetivos y preguntas de investigación, generando un marco o perspectiva teórica; para luego analizar los objetivos e interrogantes que posibles respuestas al fenómeno resultan casi siempre siendo la hipótesis, se genera un diseño de investigación que ayude a orientar el plan para probarlo para posterior a ello obtener resultados por medio de instrumentos de medición (Hernández, Baptista y Fernández, 2010, p. 4). Entonces, el método es un elemento que guía el proceso de la investigación realizando pasos y procesos con ciertos parámetros existentes con el objetivo de obtener resultados con argumentación válida.

Para Niño (2011) con respecto al método científico afirma que es “el conjunto de procedimientos racionales y sistemáticos encaminados a hallar solución a un problema y, finalmente, verificar o demostrar la verdad de un conocimiento” (p. 26). Entonces, podemos llamar al método científico es un desempeño riguroso en el cual el investigador debe seguir parámetros racionales y sistemáticos para mejorar la condición de vida de la humanidad en los distintos conocimientos con resultados demostrables en la ciencia a través de técnicas e instrumentos (Niño, 2011, p. 26).

3.1. Tipo y diseño de investigación

El diseño, es la realidad de las personas involucradas en la investigación realizada que da lugar a un diseño estructural bien organizado y sucesivo para conseguir bajo un control de calidad los resultados involucrados con nuestro problema e hipótesis planteada, entonces, el diseño se debe considerar como una estrategia que permita a través de técnicas, ensayos, etc. generar y analizar datos para encontrar un resultado. Tal como lo muestra Gómez (2012), donde manifiesta que “el diseño de la investigación es un planteamiento en el cual se plasman una serie de actividades bien estructuradas, sucesivas y organizadas, para abordar de forma adecuada el problema de la investigación” (p. 36).

El diseño del presente trabajo es propiamente experimental porque se realizará la manipulación del objeto de estudio provocando variaciones de causa efecto con las variables. Para Fernández, Hernández y Baptista (2014) el diseño experimental se puede definir como la naturaleza de procreación de experimento en donde el individuo intencionalmente manipula al objeto para determinar y analizar los

probables resultados (p. 129). Adicionalmente el diseño experimental se da con diseño de post prueba para obtener resultados y grupo de control donde las pruebas del experimento deben ser en las mismas condiciones (Fernández, Hernández y Baptista, 2014, p. 142).

La investigación presentada es aplicada ya que está enlazada a la investigación básica, de modo que, se desarrolla ensayos y pruebas en base a la norma e investigaciones para apoyar a teorías actualmente conocidas para la elaboración de nueva normativa o procedimientos tecnológicos (Valderrama, 2002, p39), como en el caso de la presente tesis, se aplicará diseño de mezcla contempladas y parametradas en la norma técnica peruana con cambios en su estructura original para generar nuevos resultados en los canales de concretos.

El nivel en este proyecto de investigación es correlacional ya que se especifica las propiedades y características de la variable, así como también realizar una comparación causa-efecto con las probetas alteradas y el espécimen patrón.

3.2. Operacionalización de variables

Las variables se definen como los problemas de investigación que componen sus propiedades, y características en los sucesos u objetos de investigación donde se distinguen en forma conceptual y operacional (Valderrama, 2002, p. 2019).

Tabla 1. Operacionalización de variable independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Unidades
Variable independiente: Ceniza volante	Fly Ash es un producto o material de naturaleza fina que se obtiene de la incineración de carbono en centrales térmicas como fuente de energía y calor. Además, la composición dependerá de la clase de carbón, su lugar de procedencia y tipo de proceso de combustión (Polonská et al, 2019, p. 268).	“La CV es el material cementoso más utilizado en la producción de hormigón, ya que mejora la durabilidad y sostenibilidad sin aumentar su costo” (Kaladharan, Vayghan y Rajabipour, 2019, p. 113). En esta investigación se sustituye en porcentajes de 0%, 5%, 10% y 15% de la cantidad total de cemento en relación a/c 0.47 y 0.5	Composición química y física	Composición química y física de ceniza volante	Norma ASTM C - 618 (Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete). Espectroscopia de fluorescencia de rayos X	(%)
				Composición química y física de cemento portland	Especificaciones técnicas de cemento Portland Tipo I (Cemento Andino)	(%)
			Dosificación de concreto 280 kg/cm ² en relación a/c = 0.47 y 0.5	Agregado grueso y fino	Norma ASTM C - 136 (Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates)	Und
				Diseño de mezcla	Método ACI 211.1	Und
			Resistencia a compresión	ASTM C-39/ NTP 339.034-11	kg/cm ²	

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Operacionalización de variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Unidades
Variable dependiente: Permeabilidad	Según Moreno (2015), define "la permeabilidad es la capacidad que tiene un material de permitir que un flujo lo atraviese sin alterar su estructura interna" (p. 9).	La penetrabilidad de agua en el concreto influye la temperatura, relación a/c y porcentaje de vacíos, además está relacionada con la duración del concreto, se mitiga reduciendo la permeabilidad disminuyendo la filtración de agua en la red de poros, con uso de materiales impermeabilizantes (Valintini, 2018, p. 4275).	Espacios vacíos o porosidad	Volumen de vacíos	Norma ASTM C 642 - 97 (Density, absorption, and voids in hardened concrete) NTP 339.187 (%)	(%)
				Densidad	Norma ASTM C 642 - 97 (Density, absorption, and voids in hardened concrete) NTP 339.187	(g/cm ³)
			Absorción	Velocidad de absorción	NORMA ASTM C 1585 -04 (Measurement of rate of absorption of water hydraulic cement concretes) NTP 334.089	(mm/s ^{1/2})
				Absorción por capilaridad	NORMA ASTM C 1585 -04 (Measurement of rate of absorption of water hydraulic cement concretes) NTP 334.089	(mm)
			Permeabilidad bajo presión de agua	Coeficiente de permeabilidad	NTC 4483 Ensayo de permeabilidad	(m/s)
				Profundidad de penetración	NTC 4483 Ensayo de permeabilidad	(mm)

Fuente: elaboración propia

3.3. Población, muestra y muestreo

La población de acuerdo a Palella y Martins (2006), es un conjunto de elementos (personas y cosas pertinentes) que forman parte de una investigación, a partir de ello, se obtiene información para dar la conclusión al planteamiento del problema (p. 115). La siguiente investigación está constituida por concreto con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm² de estructuras hidráulicas, presentando variación en la sustitución de CV en 0%, 5%, 10% y 15% para relación a/c de 0.47 y 0.5.

De acuerdo a Carrasco (2006), existe muestreo probabilístico donde los componentes involucrados en la población poseen las mismas posibilidades de ser seleccionados como muestra, sin embargo, en muestreo no probabilístico la elección de la muestra va depender de las características de la investigación, de la voluntad y decisión del investigador (p. 243). Por lo cual, el muestreo de la investigación es no probabilístico intencional.

La muestra representa a un conjunto de población o universo, porque refleja con las mismas propiedades y características del objeto de estudio, ya que, son seleccionados de manera apropiado (Valderrama, 2002, p. 184). La muestra en la investigación es de 48 probetas cilíndricas de concreto de referencia y 48 probetas cilíndricas de concreto sustituyendo en proporción de 5%, 10% y 15% con CV al cemento Portland Tipo I en a/c 0.47 y 0.5, las cuales son ensayadas para dar las conclusiones respectivas, tal como se muestra en la tabla 3, respecto a los ensayos de permeabilidad, teniendo como referencia la NTP que, recomienda realizar al menos 3 probetas para los ensayos.

Tabla 3: Muestras para permeabilidad

Cantidad de probetas de concreto 280 kg/cm ²						
Permeabilidad		Relación a/c		Subtotal	Total	.....
		0.47	0.5			
Porcentajes de ceniza volante	0%	6	6	12	.....	.....
	5%	6	6	12	.....	.....
	10%	6	6	12	.....	.....
	15%	6	6	12	48	probetas

Fuente: elaboración propia

Al mismo tiempo, se contó con ensayos para verificar la resistencia a compresión de las muestras, a fin de mantener las resistencias iniciales diseñadas para dos relaciones de a/c, los mismos que se ensayaron a los 7 y 28 días con 6 probetas cada uno, tal como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: *Muestras para compresión*

Compresión		Relación a/c		Sub total	Total	
		0.47	0.5			
Porcentajes de ceniza volante	0%	6	6	12	.....	.....
	5%	6	6	12	.....	.....
	10%	6	6	12	.....	.....
	15%	6	6	12	48	probetas

Fuente: elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Palilla y Martins (2006), define como técnica a las distintas formas de recaudación de datos o información dependiendo de diseño de investigación, existen técnicas como observación, encuesta, entrevistas, entre otras (p. 126). La investigación tiene hipótesis en las cuales las variables se manipulan en el laboratorio a través de los ensayos respectivos a cada indicador, por tanto, son diferentes las técnicas a tomar en cuenta:

- La técnica de observación experimental, que nos ayuda divisar y recoger datos de los ensayos.
- Ensayo de laboratorio, para determinar las composiciones químicas y físicas de CV, propiedades de los agregados y la permeabilidad de concreto elaborados con diferentes porcentajes de ceniza volante.
- Técnica de recolección de información de las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar en los ensayos (Agregados, CV y Cemento)

Los instrumentos son recursos del cual el investigador puede aprovechar y extraer datos o informaciones, existe instrumentos de observación, cuestionarios, test, entre otras (Palilla y Martins, 2006, p. 142). En el presente estudio se obtienen los datos de los siguientes instrumentos:

- Formatos o fichas técnicas, de acuerdo a diferentes normas nacionales e internacionales relacionadas a la investigación, las cuales fueron:
 - ASTM C 618 “Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete” Espectroscopia de fluorescencia de rayos X.
 - ASTM C 136 “Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates”.
 - ASTM C 642 “Density, absorption, and voids in hardened concrete”.
 - ASTM C 1585 “Measurement of rate of absorption of water in hydraulic cement concretes”.
 - NTC 4418 Ensayo de permeabilidad.
 - ACI 211 Diseño de mezcla.
- Equipo de permeámetro de carga constante para medir la profundidad de penetración de agua en el concreto.
- Cámaras de vacíos para quitar aire a las probetas, así determinar el porcentaje de vacíos y densidad aparente.
- Horno para secado de muestras.
- Software Excel 2013 para el procesamiento de los datos obtenidos.

La validez de un instrumento es cuando mide el grado de veracidad de una variable a investigar, existe diferentes formas de validez que son de contenido, criterio, constructo y expertos (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 204). Por tanto, en la investigación desarrollada se valida las fichas técnicas de recopilación de datos y los instrumentos de medición con profesionales con experiencia en los temas de la investigación.

La confiabilidad es cuando un instrumento es aplicado al individuo varias veces y los resultados son iguales, es decir son consistentes y coherentes los datos obtenidos (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 200). Asimismo, este estudio toma como referencia a las normas NTC, ASTM, NTP y ACI, cuales generan confiabilidad, calidad de los ensayos y veracidad de resultados, además el procedimiento de ensayo es con la presencia de un experto que se desarrolla en el laboratorio.

3.5. Procedimiento

El presente trabajo es de enfoque cuantitativo y esto permite obtener datos numéricos de ensayo de materiales en un laboratorio de acuerdo a los protocolos o normas. En la variable independiente se obtienen datos de la estructura química y física de CV lo cual debe cumplir con las especificaciones de la normativa ASTM C-618 para ser considerado como material puzolana y utilizado como sustituto de cemento portland tipo I, ASTM C 136 que es para el análisis granulométrico de material granular (piedra chancada y arena gruesa). Diseño de mezcla por ACI 211.1.

Para la variable dependiente del, se utiliza la norma ASTM C-142, donde se obtiene datos de densidad y cantidad de vacíos en las probetas de concreto endurecido; bajo la norma ASTM C-1585 se obtiene datos de velocidad y profundidad de absorción y por último en la NTC 4483 permite obtener datos de coeficiente permeabilidad de concreto y profundidad de penetración.

3.6. Método de análisis de datos

La variable independiente y dependiente son cuantitativos, por tanto, es importante el análisis descriptivo inferencial para poder admitir o negar las hipótesis planteadas. De las fichas técnicas de recolección de datos de diferentes ensayos de laboratorio se realizan tablas, gráficas, barras, entre otras, con el uso de software Microsoft Excel 2016.

3.7. Aspectos éticos

El presente estudio está enmarcado en ámbito intelectual, respetando los procedimientos, necesidades y restricciones que permiten desarrollar las investigaciones citando y referenciando los avances en el desarrollo del conocimiento que se encuentran comprendidos en la presente tesis. Con el mismo lineamiento, en la presente se mantuvo los estándares necesarios para tener veracidad en los resultados trabajados mediante con ensayos y generar solución a problemas de la sociedad que, creemos somos responsables de mejorar y solventar la calidad de vida utilizando productos reciclables y que generen menos contaminación a nuestro planeta.

IV. RESULTADOS

4.1. Variable independiente: Ceniza Volante

Fly Ash es un producto o material de naturaleza fina que se obtiene de la incineración de carbono en centrales térmicas como fuente de energía y calor. Además, la composición dependerá de la clase de carbón, su lugar de procedencia y tipo de proceso de combustión (Polonská et al, 2019, p. 268).

4.1.1. Composición química, física de ceniza volante y cemento andino

La composición química y físicas de cemento portland tipo I se obtuvo de la página de Unión Andina de Cementos (UNACEM) que se muestra en la tabla 5, ya que es la empresa más productora de cemento en Perú con planta en Atocongo en Lima y Condorcocha en Tarma. Está al servicio de la población por más de 100 años desde 1916.

Tabla 5: *Propiedades del cemento Andino Tipo I*

Parámetro	Unidad	Cemento Andino Premium	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.01	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	361	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.15	No especifica
Resistencia a la compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	274	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	340	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	440	Mínimo 285
Tiempo de fraguado			
Fraguado inicial	min	116	Máximo 45
Fraguado final	min	285	Máximo 46

Composición Química			
MgO	%	1.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.68	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.69	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C ₂ S	%	15.53	No especifica
C ₃ S	%	57.35	No especifica
C ₃ A	%	7.5	No especifica
C ₄ AF	%	10.61	No especifica
Alcalis Equivalente			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.47	Requisito opcional, máximo 0.6
Resistencia a los sulfatos			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.083	0.10 %máx. a 180 días

Fuente: Unión Andina de Cementos (UNACEM)

La composición química obtenida de la ceniza volante, tal como se aprecia en la tabla 6, se encuentran dentro de la normatividad que lo cataloga como puzolana, pudiéndose dar uso dentro del concreto. Para el análisis se verifica una variación de componentes como SiO₂ y Al₂O₃ que conforman como apoyo a la resistencia por medio del aluminato tricálcico como la sílice que aporta como material cementante para mejorar la resistencia del concreto.

Tabla 6: *Composición química de cemento y ceniza volante y propiedades físicas*

Composición química		
Parámetro	CV (%)	Cemento Andino (%)
SiO ₂	53.47	21.53
Al ₂ O ₃	24.58	4.18
Fe ₂ O ₃	9.67	6.57
CaO	1.25	56.38
MgO	1.36	1.93
Na ₂ O	1.85	0.08
K ₂ O	2.54	0.26
SO ₃	0.63	2.71

Propiedades físicas		
Densidad (g/cm ³)	2.92	3.15
Tamaño de partícula (μm)	20.67	19.78

Fuente: Datos de laboratorio

En la figura 2 se muestra la comparativa entre los componentes del cemento y la ceniza volante por medio de barras, donde detalla la cantidad en porcentaje de cada componente, teniendo mayores diferencias en tres componentes que son SiO₂ y Al₂O₃, los mismos que contribuyen en las propiedades mecánicas del concreto y generando mayor tiempo de fraguado al mismo tiempo.

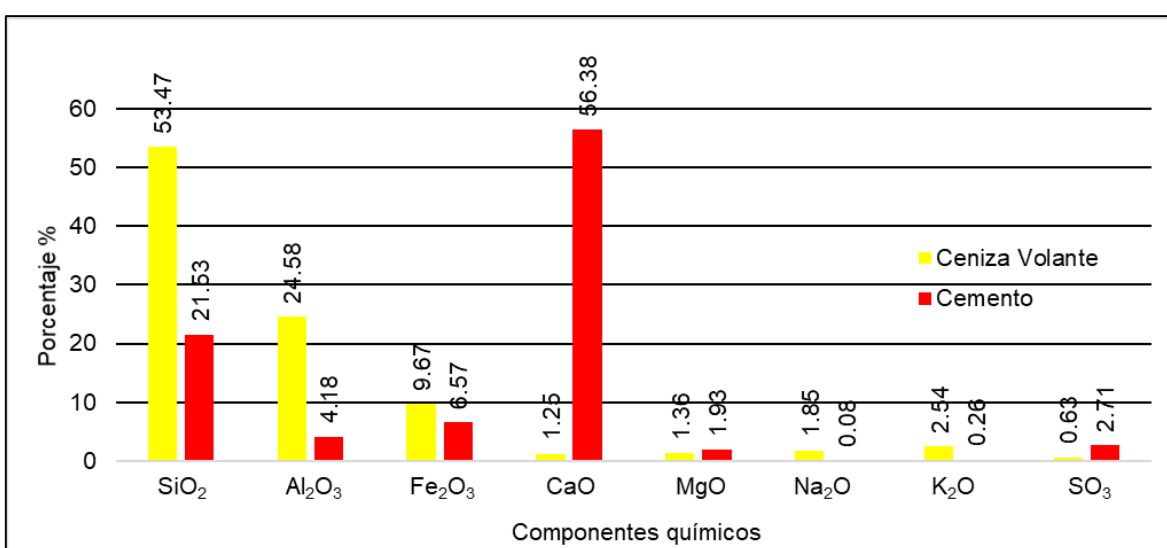


Figura 2: Comparativa entre componentes químicos de cemento y ceniza volante.
Fuente: elaboración propia

4.1.2. Dosificación de concreto 280 kg/cm²

Propiedades físicas de agregado fino

En líneas abajo se presenta la granulometría, peso unitario y peso específico del agregado fino.

Granulometría de agregado fino

Para el ensayo granulométrico del agregado fino o arena gruesa, se procede de igual modo con los pasos que rige en la NTP para poder determinar los tamaños y cantidades retenidas en las mallas.

En este caso, se realiza a través de mallas con numeración desde ½” que viene a ser la medida de mayor apertura, hasta la malla N° 100 que es la malla con menor diámetro, para luego obtener el fondo denominado limo o arcilla.

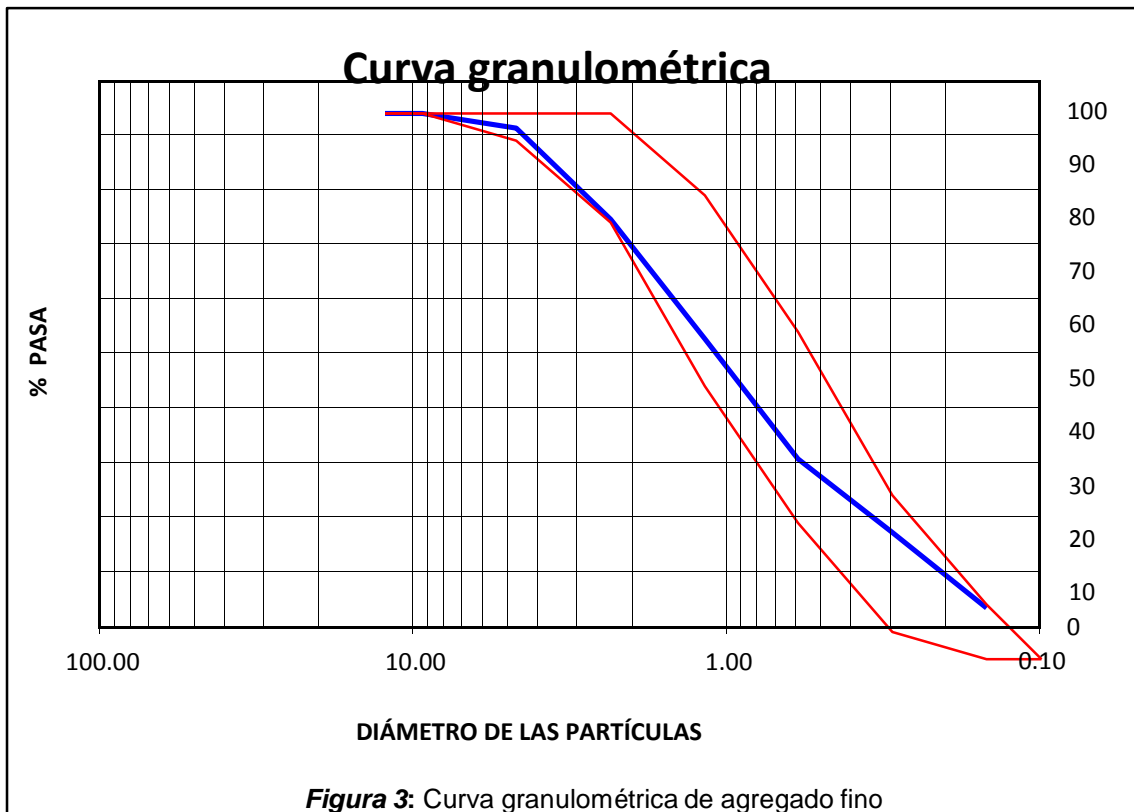
En la tabla 7 se muestra los datos de la granulometría realizado al agregado fino, proveniente de la cantera Trapiche, obteniendo datos del material retenido, donde la mayor cantidad de retención se encuentra en las mallas N° 16 y N° 30 con 138.6 gramos y 139.2 gramos respectivamente. Así mismo, se obtuvo un contenido de humedad de 1% y módulo de finura de 2.94 respecto a un total de muestra inicial de 639 gramos.

Tabla 7: *Granulometría de agregado fino*

Material: Agregado fino				Cantera: Trapiche		
Peso inicial húmedo (g): 639.00				% de humedad: 1.0		
Peso inicial seco (g): 632.89				Módulo de fineza: 2.94		
Mallas	Abertura (mm)	Material retenido		Acumulados (%)		Especificaciones
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	Astm C 33
1/2"	12.5	0	0	0	100	
3/8"	9.5	0	0	0	100	100
Nº4	4.76	16.8	2.7	2.7	97.3	95 - 100
Nº8	2.38	105.6	16.7	19.4	80.6	80 - 100
Nº 16	1.19	138.6	21.9	41.3	58.7	50 - 85
Nº 30	0.6	139.2	22	63.3	36.7	25 - 60
Nº 50	0.3	85.5	13.5	76.8	23.2	05 - 30
Nº 100	0.15	87.5	13.8	90.6	9.4	0 - 10
Fondo		59.7	9.4	100	0	0 - 0

Fuente: elaboración propia

En la figura 3 se percibe la gráfica de los resultados obtenidos en la tabla 11 mediante una línea de color azul, el mismo que se encuentra entre las líneas rojas que representan los límites inferiores y superiores requeridos para considerar como un agregado fino bueno, dentro del conjunto de agregados. Por lo cual, el agregado fino que se usa, cumple con dichas características requeridas en la norma ASTM C - 136.



Peso unitario de agregado fino

Se aprecia en la tabla 8 el procedimiento para determinar el peso unitario por medio de 3 muestras del agregado fino, a partir del promedio de las mismas, como establece en la norma ASTM C29, obteniendo 1.471 g/cm^3 . En ella se muestra que la variación de resultado fue de 3 centésimas entre las muestras M-1, M-2 y M-3.

Tabla 8: *Peso unitario suelto*

Nº	Muestra	Unidad	M – 1	M – 2	M – 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6431	6425	6415
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 – 2)	g	4068	4062	4052
4	Volumen del Molde	cm^3	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cm^3	1.474	1.472	1.468
Promedio peso unitario suelto		g/cm^3	1.471		

Fuente: elaboración propia

Para el cálculo del peso unitario compactado se procedió a tomar 3 muestras debidamente seleccionadas, obteniendo como resultado un promedio de 1.791g/cm³, tal como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9: Peso unitario compactado

N.º	Muestra	Unidad	M – 1	M – 2	M – 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7325	7296	7294
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 – 2)	g	4962	4933	4931
4	Volumen del Molde	cm ³	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cm ³	1.798	1.787	1.787
Promedio peso unitario compactado		g/cm ³	1.791		

Fuente: elaboración propia

Peso específico del agregado fino

Se realizó la determinación del peso específico de la masa del agregado fino mediante ensayo a 2 muestras (M – 1 y M – 2), donde posterior a los cálculos respecto a la arena, obteniendo resultados de porcentaje de absorción en 1.5% y un valor promedio para el peso específico de la masa en 2.64 g/cm³, en procedimiento con la norma ASTM C127, como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10: Peso específico

Nº	Muestra	Unidad	M - 1	M - 2	Promedio
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	g	980.7	981.5	981.1
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón	g	670.2	669.8	670.0
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	310.5	311.7	311.1
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balón	g/cm ³	663.1	662.5	662.80
5	Peso del Balón N° 2	g/cm ³	170.2	169.8	170.00

6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cm ³	492.9	492.7	492.80
7	Volumen del Balón (V = 500)	cm ³	497.5	498.2	497.9
Resultados					
	Peso específico de la masa (P.E.M. = A/(V-W))	g/cm ³	2.64	2.64	2.64
	Peso específico de masa S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W))	g/cm ³	2.67	2.68	2.68
	Peso específico aparente (P.E.A. = A/[(V-W) - (500-A)])	g/cm ³	2.74	2.75	2.74
	Porcentaje de absorción (%) [(500-A)/A*100]	%	1.4	1.5	1.5

Fuente: elaboración propia

Propiedades físicas del agregado grueso

Granulometría del agregado grueso

El ensayo granulométrico del agregado grueso es de vital importancia para cualquier tipo de investigación en concreto, asimismo para determinar el tamaño máximo y mínimo del agregado a trabajar, el uso de los equipos, materiales, procedimiento y los resultados cumpla con los requerimientos de la NTP 400.012. Se puede visualizar la tabla 11, que la malla de 1/2" retiene una mayor cantidad de agregado grueso que se verifica en 1862 gramos, además los porcentajes acumulados cumplen con las especificaciones de la NTP.

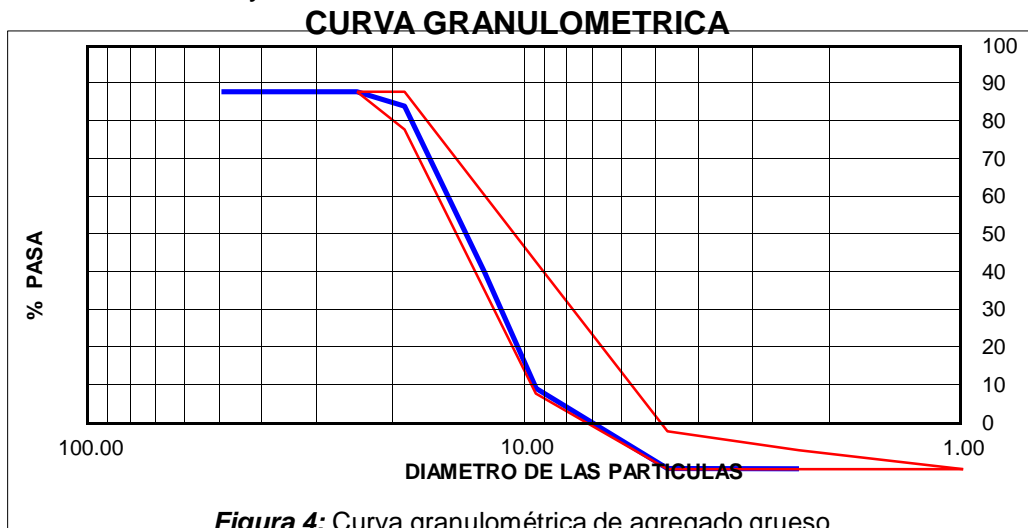
Para la realización de la granulometría del agregado grueso, se procede a realizar a través de mallas con numeración desde 2" que viene a ser la medida de mayor apertura, hasta la malla N° 16 que es la malla con menor diámetro, para luego obtener el fondo.

Tabla 11: Granulometría de agregado grueso

Material: Agregado grueso				Cantera: Trapiche		
Peso inicial húmedo (g): 4242.00				% de humedad: 0.2		
Peso inicial seco (g): 4232.40				Módulo de fineza: 6.82		
Mallas	Abertura (mm)	Material retenido		% Acumulados		Especificaciones Huso # 67
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2"	50	0	0	0	100	
1 1/2"	37.5	0	0	0	100	100
1"	24.5	0	0	0	100	100
3/4"	19.05	159	3.8	3.8	96.2	90 - 100
1/2"	12.5	1862	44	47.8	52.2	---
3/8"	9.525	1305	30.8	78.6	21.4	20 - 55
Nº 4	4.76	896	21.2	99.8	0.2	0 - 10
Nº 8	2.38	6.2	0.1	99.9	0.1	0 - 5
Nº 16	1.18	0.0	0	100	0	
Fondo		4.2	0.1			

Fuente: elaboración propia

También se realizó la curva granulométrica lo cual detalla que el agregado grueso cumple con los parámetros exigidos por la NTP sin superar los límites superiores e inferiores, tal como se muestra en la figura 4. Al mismo tiempo, la granulometría nos muestra las especificaciones para huso #67 según la NTP 400.037, donde el tamaño máximo del agregado es de 3/4" y mínimo a la malla Nº 4. El contenido de humedad es de 0.2% y el módulo de finura de 6.82.



Fuente: elaboración propia

Peso unitario del agregado grueso

En la tabla 12 el procedimiento para determinar el peso unitario suelto por medio de 3 muestras del agregado grueso, a partir del promedio de las mismas, como establece en la norma ASTM C29, obteniendo 1.486 g/cm³. En ella se muestra que la variación de resultado fue de 1 centésimas entre las muestras M-1, M-2 y M-3.

Tabla 12: *Peso unitario suelto*

Muestra N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	30536	30529	30541
2	Peso del Molde	g	9800	9800	9800
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	20736	20729	20741
4	Volumen del Molde	cm ³	13950	13950	13950
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cm ³	1.486	1.486	1.487
Promedio peso unitario suelto		g/cm ³	1.486		

Fuente: elaboración propia

De igual manera, para el peso unitario compactado se procedió a tomar 3 muestras (M - 1, M - 2 y M - 3), obteniendo como resultado un promedio de 1.622 g/cm³, como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13: *Peso unitario compactado*

N°	Muestra	Unidad	M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	32402	32431	32458
2	Peso del Molde	g	9800	9800	9800
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	22602	22631	22658
4	Volumen del Molde	cm ³	13950	13950	13950
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cm ³	1.620	1.622	1.624
Promedio peso unitario compactado		g/cm ³	1.622		

Fuente: elaboración propia

Peso específico del agregado grueso

En la tabla 14 se muestra el peso específico de la masa con un valor de 2.67 g/cm³, a partir de 3 procesos con la muestra A, B y C, donde también se obtuvo la absorción de agua en porcentaje de 1.2%, en procedimiento con la norma ASTM C127.

Tabla 14: *Peso específico*

N°	Muestra	Unidad	M - 1	M - 2	Promedio
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla A	g	1534.0	1578.0	1556.0
2	Peso muestra saturada superficial seca B	g	2436.0	2508.0	2472.0
3	Peso muestra Seco C	g	2409.0	2478.0	2443.5
4	Peso específico saturada superficial Seca = B/B-A	g/cm ³	2.70	2.70	2.70
5	Peso específico de masa = C/B-A	g/cm ³	2.67	2.66	2.67
6	Peso específico aparente = C/C-A	g/cm ³	2.75	2.75	2.75
7	Absorción de agua = ((B - C) /C) *100	%	1.1	1.2	1.2

Fuente: elaboración propia

4.1.3. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla es realizado de acuerdo a la norma ACI 211, los cual se desarrolla con respecto algunas tablas de referencia para determinar valores necesarios en el diseño, los primero es tener las características de agregado grueso y fino que se obtienen del laboratorio. Para esta investigación se tiene en la tabla 15 el detalle de los datos obtenidos en el laboratorio posterior al ensayo de los agregados

Tabla 15: Características de los agregados

Características de los Agregados			
.....	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento andino tipo I
Peso (seco) unitario suelto(kg/m ³)	1471	1486
Peso (seco) unitario compactado (kg/m ³)	1791	1622	
Módulo de finura	2.94	6.82	
Tamaño máximo nominal (TMN)		3/4"	
Absorción (%)	1	1.5	
Contenido de humedad (%)	2.5	1.7	
Peso específico g/cm ³	2.64	2.67		3.12

Fuente: elaboración propia

Cálculo de resistencia promedio

Para la investigación no contamos con registros de otros ensayos de resistencia, por tanto, se toma en cuenta el factor de resistencia promedio.

Tabla 16: Cálculo de resistencia promedio

$f'c$	$f'cr$
<210	$f'cr + 70$
210 a 350	$f'cr + 84$
>350	$f'cr + 98$

Fuente: Comité 211 del ACI

De acuerdo a nuestra investigación se trabaja con concreto 280 kg/cm², por tanto, el factor es de 84 kg/cm², llegando sumar 364 kg/cm².

Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN).

De acuerdo al reglamento nacional de edificaciones (RNE) la norma E. 060 exige algunos requerimientos en losas, encofrados y aceros, en ninguno de los casos sobrepasar a lo especificado, por tanto, para esta investigación el agregado grueso tiene el TMN de 3/4".

El asentamiento

El asentamiento para este caso es de 3" a 4" ya que es un concreto plástico de mayor trabajabilidad.

Tabla 17: Asentamiento

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" A 2"
Plástica	3"a 4"
Fluida	> ó = 5"

Fuente: Comité 211 del ACI

Cantidad de agua unitaria

Para la relación de agua/cemento, se obtiene de la tabla 17, para asentamiento de 3" a 4" y TMN de agredo grueso de 3/4" corresponde 205 l/m³ que se obtiene de la tabla 18.

Tabla 18: Cantidad de agua unitaria

Asentamiento	Agua, en l/m ³ , para los tamaños máximo nominales de agregado grueso y consistencias indicado.							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	....
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	....

Fuente: Comité 211 del ACI

Contenido de aire

El contenido de aire atrapado para tamaño máximo nominal de 3/4" es de 2.0%.

Tabla 19: Contenido de aire

Tamaño máximo nominal (TMN)	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Comité 211 del ACI

Relación agua/cemento

La relación agua/cemento sin aire incorporado para un concreto 364 kg/cm² de acuerdo a los cálculos efectuados es de 0.466

Tabla 20: Relación a/c

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'rc) (Kg/cm ²)	Relación Agua - Cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	----
400	0.43	----
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: Comité 211 del ACI

En base a la tabla 20, se realiza el cálculo de la relación agua/cemento por medio de interpolación.

$$\frac{400 - 350}{364 - 350} = \frac{0.43 - 0.48}{X - 0.48}$$

$$\frac{50}{14} = \frac{-0.05}{X - 0.48}$$

$$X - 0.48 = \frac{14 * (-0.05)}{50}$$

$$X = -0.014 + 0.48$$

$$X = 0.466 = R_{a/c}$$

Factor cemento

Efectuamos con la expresión dada:

$$R_{a/c} = \frac{a}{c}$$

$$C = \frac{a}{R_{a/c}} = \frac{205 \text{ lts/m}^3}{0.466} = 439.9 \text{ kg/m}^3$$

$$5\% \text{ CV} = 439.9 - (439.9 * 0.05) = 417.9 \text{ kg/m}^3$$

$$10\% \text{ CV} = 439.9 - (439.9 * 0.10) = 395.9 \text{ kg/m}^3$$

$$15\% \text{ CV} = 439.9 - (439.9 * 0.15) = 373.9 \text{ kg/m}^3$$

$$R_{a/c} + 5\% = \frac{417.9}{205} = 0.49$$

$$R_{a/c} + 10\% = \frac{395.9}{205} = 0.52$$

$$R_{a/c} + 15\% = \frac{373.9}{205} = 0.55$$

Con la tabla 21 se realiza la verificación para poder obtener el dato del módulo de fineza, que dependerá del tamaño máximo del agregado grueso que se tiene, en el caso de la presente investigación, se tiene un agregado cuyo tamaño máximo es de $\frac{3}{4}$ ".

Tabla 21: Módulo de fineza del agregado grueso

Tamaño máximo del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza de agregado fino			
	módulo de fineza de agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Comité 211 del ACI

Con los datos de módulo de fineza de 2.94 y TMN de agregado grueso de 3/4", con respecto a la tabla tenemos:

$$\frac{2.80 - 3.00}{2.94 - 3.00} = \frac{0.62 - 0.60}{X - 0.60}$$

$$\frac{-0.2}{-0.06} = \frac{0.02}{X - 0.60}$$

$$X - 0.60 = \frac{-0.06 * (0.02)}{-0.02}$$

$$X = 0.006 + 0.60$$

$$X = 0.606 = \text{Volumen de agregado grueso}$$

$$\text{PUCS} = 0.606 * 1622 = 982.932 \text{ kg}$$

Volumen absoluto de concreto por m³

$$\text{Volumen absoluto} = \frac{\text{Peso Seco}}{\text{P. E.} * 1000}$$

$$\text{Cemento} = \frac{439.914}{3.12 * 1000} = 0.141 \text{ m}^3$$

$$\text{Cemento en } 95\% \equiv 417.9$$

$$\text{Cemento en } 90\% \equiv 395.9$$

$$\text{Cemento en } 85\% = \frac{373.9}{3.12 * 1000} = 0.134$$

$$\frac{395.9}{3.12 * 1000} = 0.127$$

$$\frac{373.9}{3.12 * 1000} = 0.12$$

$$5\% \text{ CV} = \frac{22}{2.92 * 1000} = 0.007$$

$$10\% \text{ CV} = \frac{44}{2.92 * 1000} = 0.015$$

$$15\% \text{ CV} = \frac{66}{2.92 * 1000} = 0.022$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{982.932}{2.67 * 1000} = 0.368$$

$$\text{Agua} = \frac{250}{1000} = 0.205$$

$$\text{Aire} = 2\% = \frac{2}{100} = 0.0200$$

$$\text{Agregado Fino} = 1 - (0.141 + 0.368 + 0.205 + 0.0200) = 0.266$$

$$0.266 = \frac{\text{Peso Seco}}{2.65 * 1000} = 701.9 \text{ kg}$$

Peso Unitario compactado seco AGREGADO FINO = 701.9 kg

Peso seco de los materiales

$$\text{Cemento} = 439.9 \text{ kg}$$

$$\text{Cemento en } 90\% = 417.9 \text{ kg}$$

$$\text{Cemento en } 85\% = 373.9 \text{ kg}$$

$$5\% \text{ CV} = 2.92 * 0.007 * 1000 = 21.7 \text{ kg}$$

$$10\% \text{ CV} = 2.92 * 0.014 * 1000 = 43.40 \text{ kg}$$

$$15\% \text{ CV} = 2.92 * 0.022 * 1000 = 65.10 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 701.88 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 982.93 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ kg}$$

Corrección por humedad

$$P \left(\frac{\% H}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Ag. Fino} = 701.88 \left(\frac{1.0}{100} + 1 \right) = 708.896 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. grueo} = 982.93 \left(\frac{0.2}{100} + 1 \right) = 984.898 \text{ kg}$$

Corrección por absorción

$$P \left(\frac{\% A - \% H}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Ag. Fino} = 701.88 \left(\frac{1.5 - 1.0}{100} + 1 \right) = 708.896 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. grueo} = 982.93 \left(\frac{1.2 - 0.2}{100} + 1 \right) = 984.898 \text{ kg}$$

$$\Sigma = 13.3387 = \text{Agua Libre}$$

Agua efectiva

Agua de diseño + Agua Libre

$$205 - 13.3387 = 191.66 \frac{\text{Lt}}{\text{m}^3} = \text{Agua efectiva}$$

Proporciones por peso

$$\text{Cemento} = \frac{439.91}{439.91} = 1$$

$$\text{Cemento en } 95\% = \frac{417.92}{439.91} = 0.95$$

$$\frac{495.92}{439.91} = 0.90$$

$$\frac{473.93}{439.91} = 0.85$$

$$5\% \text{ CV} = 0.05$$

$$10\% \text{ CV} = 0.10$$

$$15\% \text{ CV} = 0.15$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{708.9}{439.91} = 1.61$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{984.9}{439.91} = 2.24$$

$$\text{Agua} = \frac{191.66}{439.91/42.5} = 18.52 \text{ lt}$$

De acuerdo a los cálculos por medio del ACI 211, las tablas presentadas con referencias para el diseño de mezcla, en algunas excepciones son modificadas algunos datos por que los materiales utilizados tienen diferentes porcentajes de resultados.

En la tabla 22 se aprecia las proporciones del diseño de mezcla de laboratorio para 280 kg/cm² en a/c = 0.47, elaboradas para preparación de probetas de 4" x 8" un total de 6 especímenes por porcentajes de ceniza volante.

Tabla 22: Proporción en peso para concreto 280kg/cm² en relación a/c = 0.47

Diseño de mezcla (a/c = 0.47)	PATRON	5% de CV	10% de CV	15% de CV
MATERIAL				
Cemento	11.599	11.019	10.439	9.859
Agua	5.683	5.683	5.683	5.683
Agregado fino	17.172	17.172	17.172	17.172
Agregado grueso	19.383	19.383	19.383	19.383
CV	---	0.538	1.008	1.546
Total	53.84	53.79	53.68	53.64
Relación a/c	0.47	0.49	0.52	0.55

Fuente: elaboración propia

En la tabla 23 se aprecia las proporciones del diseño de mezcla de laboratorio para 250 kg/cm² en a/c = 0.50, elaboradas para preparación de probetas de 4" x 8" un total de 6 especímenes por porcentajes de ceniza volante.

Tabla 23: Proporción en peso para concreto 250 kg/cm² en relación a/c = 0.50

Diseño de mezcla (a/c = 0.466)	Patrón	5% de CV	10% de CV	15% de CV
Material	KG	KG	KG	KG
Cemento	9.890	9.396	8.901	8.407
Agua	5.247	5.247	5.247	5.247
Agregado fino	19.134	19.134	19.134	19.134
Agregado grueso	20.798	20.798	20.798	20.798
CV	---	0.336	0.739	1.142
Total	55.07	54.91	54.82	54.73
Relación a/c	0.50	0.53	0.56	0.59

Fuente: elaboración propia

Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días

En la tabla 24, se llega a observar los resultados del ensayo de resistencia a compresión a los siete días de curado, aplicado la fuerza máxima que soporta la probeta de 4" por 8", asimismo la resistencia promedio del grupo de probetas por cada diseño de mezcla en relación $a/c = 0.47$ lo cual es para un concreto 280 kg/cm^2 .

Tabla 24: Resistencia a la compresión a los 7 días en relación $a/c = 0.47$.

Probetas	f'c diseño (280 kg/cm^2)	Área (cm^2)	Fuerza máxima (kg/cm^2)	Resistencia obtenida (kg/cm^2)	Resistencia promedio (kg/cm^2)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia promedio (%)
			$a/c = 0.47$				
Patrón 0%	280	78.5	18105.24	230.64	233.25	82.4	83.305
Patrón 0%	280	78.5	18341.53	233.65		83.4	
Patrón 0%	280	78.5	18484.40	235.47		84.1	
5% CV	280	78.5	18303.85	233.17	234.28	83.3	83.672
5% CV	280	78.5	18456.20	235.11		84.0	
5% CV	280	78.5	18412.96	234.56		83.8	
10% CV	280	78.5	18177.46	231.56	232.02	82.7	82.87
10% CV	280	78.5	18457.20	235.12		84.0	
10% CV	280	78.5	18007.12	229.39		81.9	
15% CV	280	78.5	18027.53	229.65	230.32	82.0	82.26
15% CV	280	78.5	18200.23	231.85		82.8	
15% CV	280	78.5	18013.40	229.47		82.0	

Fuente: elaboración propia

En la figura 5, se logra ver diferentes resistencias a los 7 días del diseño de mezcla con sustitución de ceniza volante en 5%, 10% y 15% en respecto al patrón sin ceniza volante, la resistencia promedio obtenida para el concreto patrón es de 233.25 kg/cm^2 lo cual es 83.3 % del concreto 280 kg/cm^2 , asimismo con ceniza volante en sustitución de cemento en 5% es de 234 kg/cm^2 lo cual es de 83.7% del concreto de diseño, la ceniza en 10% muestra 232 kg/cm^2 en promedio que viene a ser 82.9 % y por último la ceniza en 15% arroja 230 kg/cm^2 en porcentaje de 82.3 % de acuerdo al diseño general.

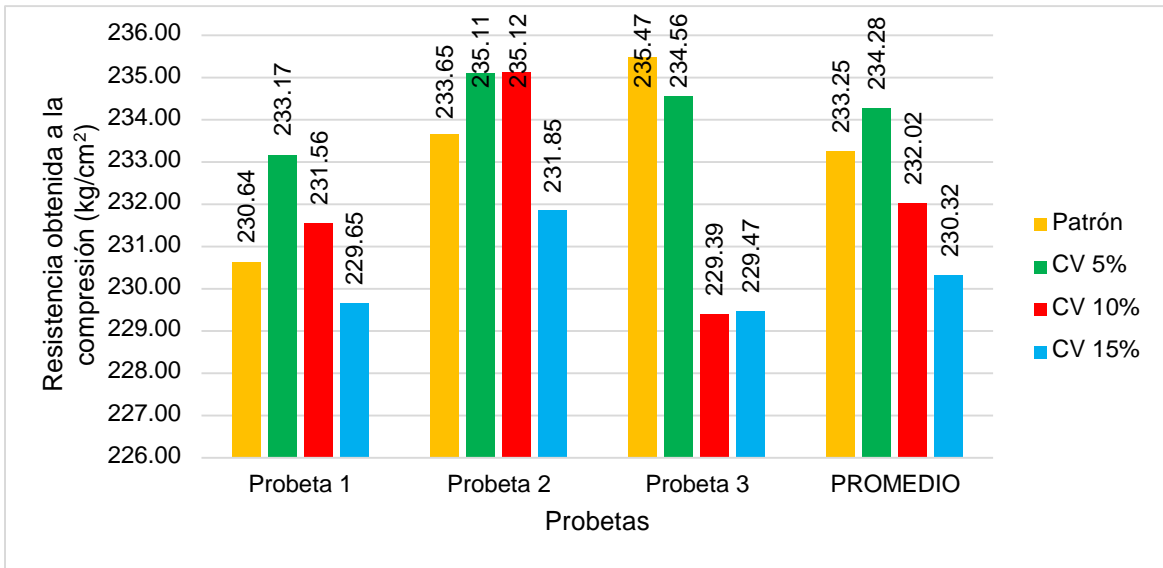


Figura 5: Resistencia a la compresión a los 7 días en $a/c = 0.47$
Fuente: elaboración propia

En la figura 6, se aprecia las resistencias promedio del diseño de mezcla obtenidas en el laboratorio.

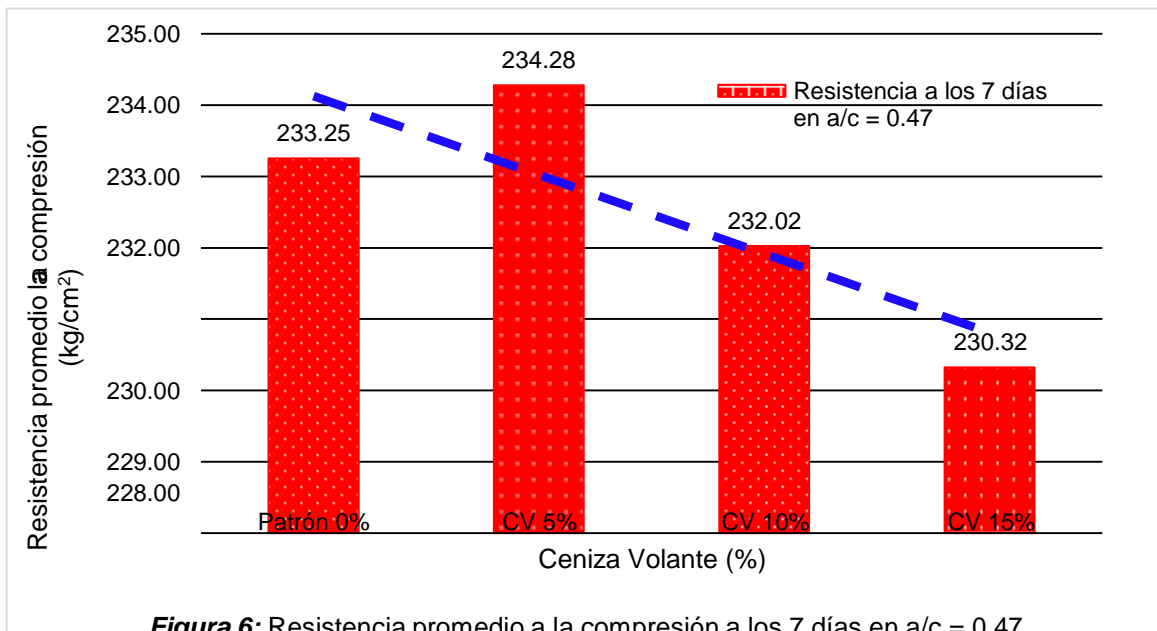
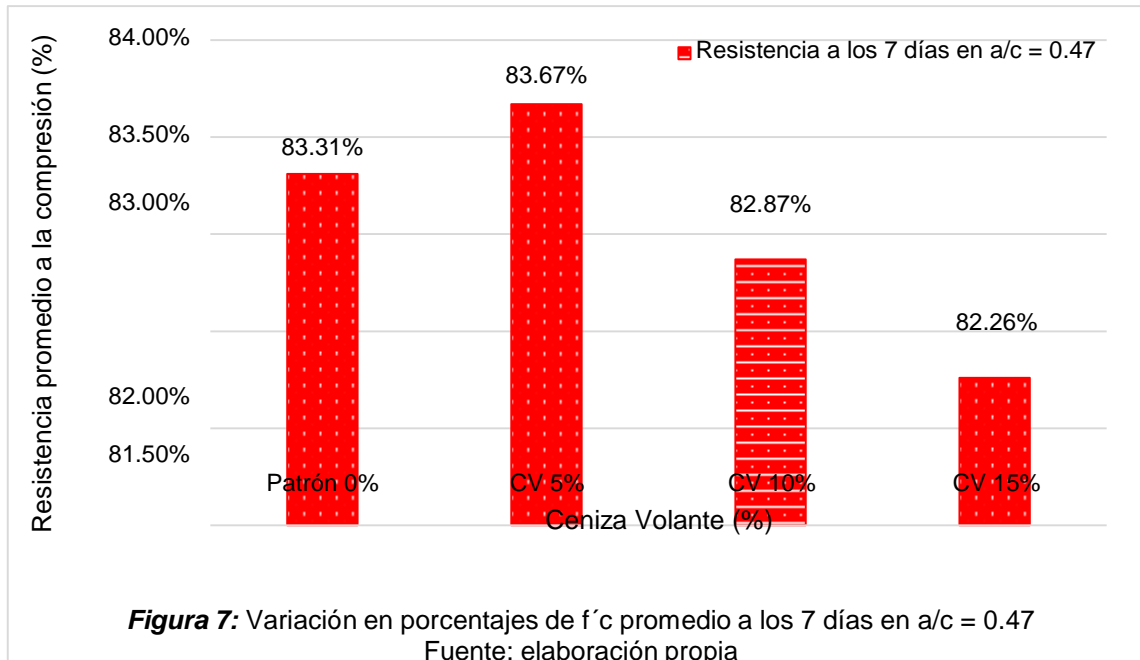


Figura 6: Resistencia promedio a la compresión a los 7 días en $a/c = 0.47$
Fuente: elaboración propia

La variación de resistencia en porcentajes de acuerdo con el patrón al 100% con CV de 5% aumenta en 1%, CV en 10% disminuye en 1% y CV en 15% disminuye en 1%, tal como se muestra en la figura 7.



Las resistencias a los 7 días del diseño de mezcla con variación de ceniza volante en 5%, 10% y 15% en relación $a/c = 0.50$ respecto al patrón sin ceniza volante, la resistencia promedio obtenida para el concreto patrón es de 198 kg/cm^2 que representa el 79% del concreto 280 kg/cm^2 , asimismo con ceniza volante en sustitución de cemento en 5% es de 200 kg/cm^2 lo cual es de 80% del concreto de diseño, la ceniza en 10% muestra 196 kg/cm^2 en promedio que viene a ser 79 % y por último la ceniza en 15% arroja 193 kg/cm^2 en porcentaje de 77 % de acuerdo al diseño general, tal como se muestra en la tabla 25.

Tabla 25: Resistencia a la compresión a los 7 días en relación $a/c = 0.50$

Probetas	$f'c$ diseño (280 kg/cm^2)	Área (cm^2)	Fuerza máxima (kg/cm^2)	Resistencia obtenida (kg/cm^2)	Resistencia promedio (kg/cm^2)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia promedio (%)
$a/c = 0.5$							
Patrón 0%	250	78.5	15508.46	197.56	198.16	79.0	79.26
Patrón 0%	250	78.5	15752.60	200.67		80.3	
Patrón 0%	250	78.5	15405.63	196.25		78.5	
5% CV	250	78.5	15362.45	195.70	199.48	78.3	79.79
5% CV	250	78.5	15818.30	201.51		80.6	
5% CV	250	78.5	15796.90	201.23		80.5	
10% CV	250	78.5	15123.34	192.65	196.33	77.1	78.53
10% CV	250	78.5	15192.90	193.54		77.4	
10% CV	250	78.5	15918.90	202.79		81.1	
15% CV	250	78.5	15244.70	194.20	192.94	77.7	77.17
15% CV	250	78.5	15074.36	192.03		76.8	
15% CV	250	78.5	15117.53	192.58		77.0	

Fuente: elaboración propia

En la siguiente figura 8 se muestra las resistencias a compresión obtenidas para las tres probetas, teniendo como promedio representativo al grupo de color verde, que representa el concreto al cual se sustituyó en 5% el cemento por ceniza volante, con un valor de 199.48 kg/cm², superando así al concreto patrón en 1% en los primeros 7 días para una relación a/c = 0.5.

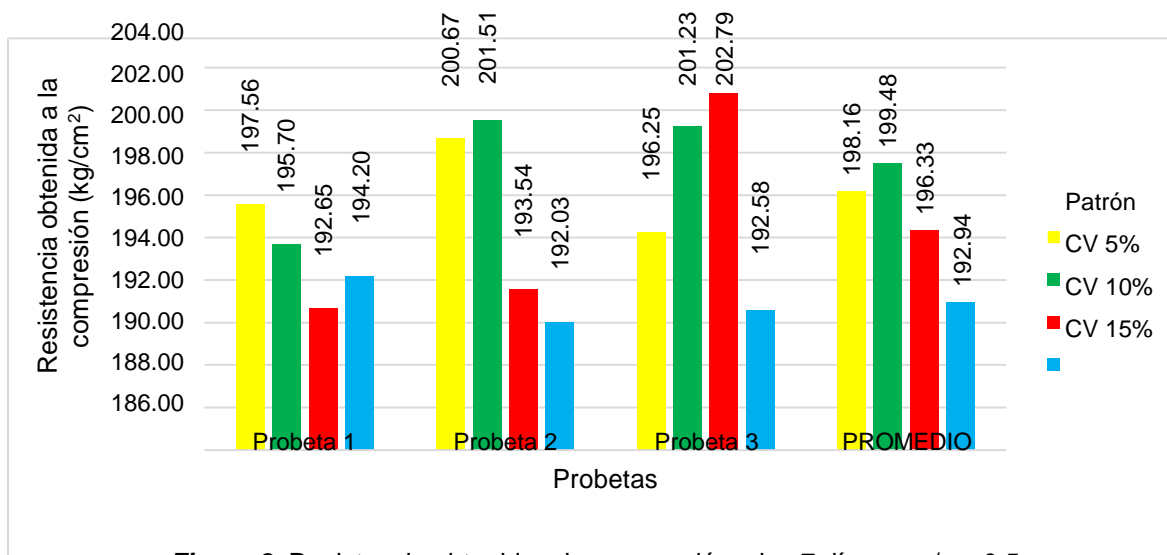


Figura 8: Resistencia obtenida a la compresión a los 7 días en a/c = 0.5
Fuente: elaboración propia

En la figura 9 se muestra el promedio de la resistencia a la compresión representado por barras a los 7 días, donde el grupo con sustitución en 5% de ceniza volante supera en 1.32 kg/cm², no obstante, se evidencia al mismo tiempo que la sustitución en 10% y 15% disminuyen respectivamente.

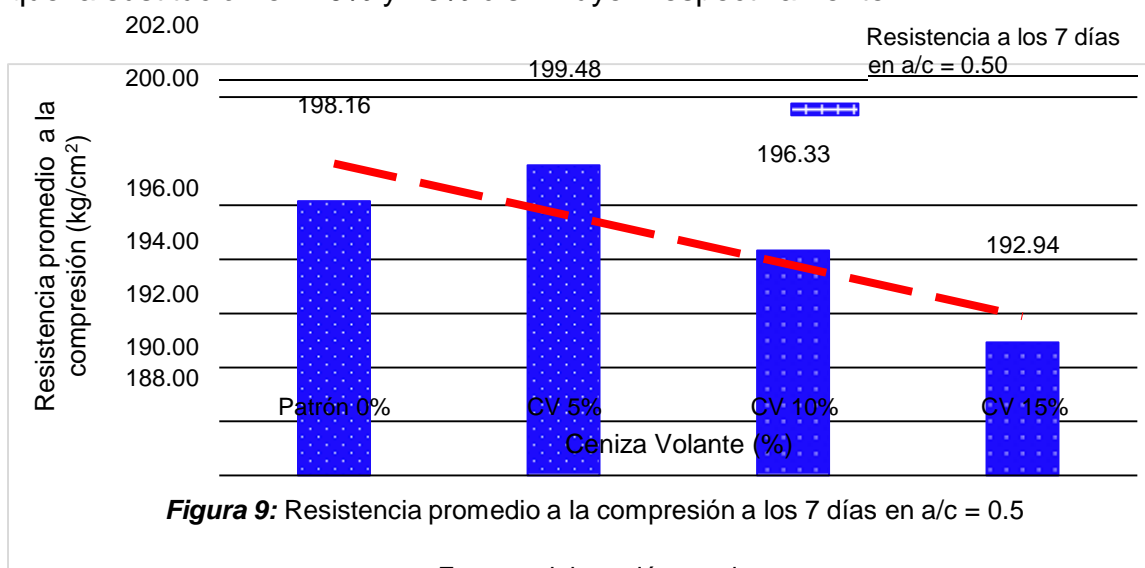


Figura 9: Resistencia promedio a la compresión a los 7 días en a/c = 0.5

Fuente: elaboración propia

La variación de resistencia a la compresión a los 7 días para una relación $a/c = 0.5$ en porcentajes respecto al concreto de diseño al 100%, donde el concreto patrón presenta una resistencia a la compresión de 79.3% respecto al $f'c$ de diseño, con sustitución de CV en 5% aumenta en 1%, con sustitución de CV en 10% disminuye en 1% y con sustitución de CV en 15% disminuye en 2.1%, tal como se muestra en la figura 10.

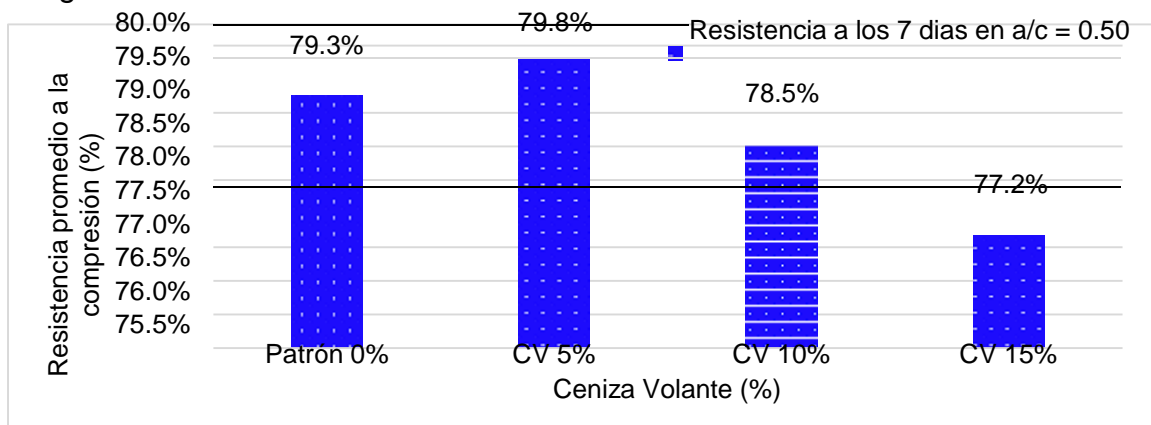


Figura 10: Variación en porcentajes de $f'c$ promedio a los 7 días en relación $a/c = 0.5$
Fuente: elaboración propia

Resistencia a la compresión a los 28 días

En la tabla 26, se observa los resultados del ensayo de resistencia a compresión a los veinte ocho días de curado, aplicado la fuerza máxima que soporta la probeta de 4" por 8", así mismo, la resistencia promedio del grupo de probetas por cada diseño de mezcla en relación $a/c = 0.47$ diseñado para un concreto 280kg/cm^2 .

Tabla 26: Resistencia a la compresión a los 28 días en relación $a/c = 0.47$.

Probetas	$f'c$ diseño (280kg/cm^2)	Área (cm^2)	Fuerza máxima (kg/cm^2)	Resistencia obtenida (kg/cm^2)	Resistencia promedio (kg/cm^2)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia promedio (%)
Relación $a/c = 0.47$							
Patrón 0%	280	78.5	23612.80	300.80	298.27	107.4	106.524
Patrón 0%	280	78.5	23361.60	297.60		106.3	
Patrón 0%	280	78.5	23267.40	296.40		105.9	
5% CV	280	78.5	24656.85	314.10	316.10	112.2	112.893
5% CV	280	78.5	24860.95	316.70		113.1	
5% CV	280	78.5	24923.75	317.50		113.4	
10% CV	280	78.5	23973.90	305.40	307.87	109.1	109.95
10% CV	280	78.5	24374.25	310.50		110.9	
10% CV	280	78.5	24154.45	307.70		109.9	
15% CV	280	78.5	21312.75	271.50	270.10	97.0	96.46
15% CV	280	78.5	21061.55	268.30		95.8	
15% CV	280	78.5	21234.25	270.50		96.6	

Fuente: elaboración propia

En la figura 11, se aprecia diferentes resistencias a los 28 días con una relación a/c = 0.47 del diseño de mezcla con sustitución de ceniza volante en 5%, 10% y 15% en respecto al patrón sin ceniza volante, la resistencia promedio obtenida para el concreto patrón es de 298.27 kg/cm² el cual representa el 106.5% respecto al concreto diseñado de 280 kg/cm², asimismo con ceniza volante en sustitución de cemento para 5% es de 316.10 kg/cm² el cual representa el 112.9% del concreto de diseño, sustitución de ceniza en 10% muestra 307.87 kg/cm² en promedio que viene a ser 110.0 % y por último sustitución de ceniza en 15% genera un valor de 270.10 kg/cm² que representa un porcentaje de 96.5 % respecto al diseño general.

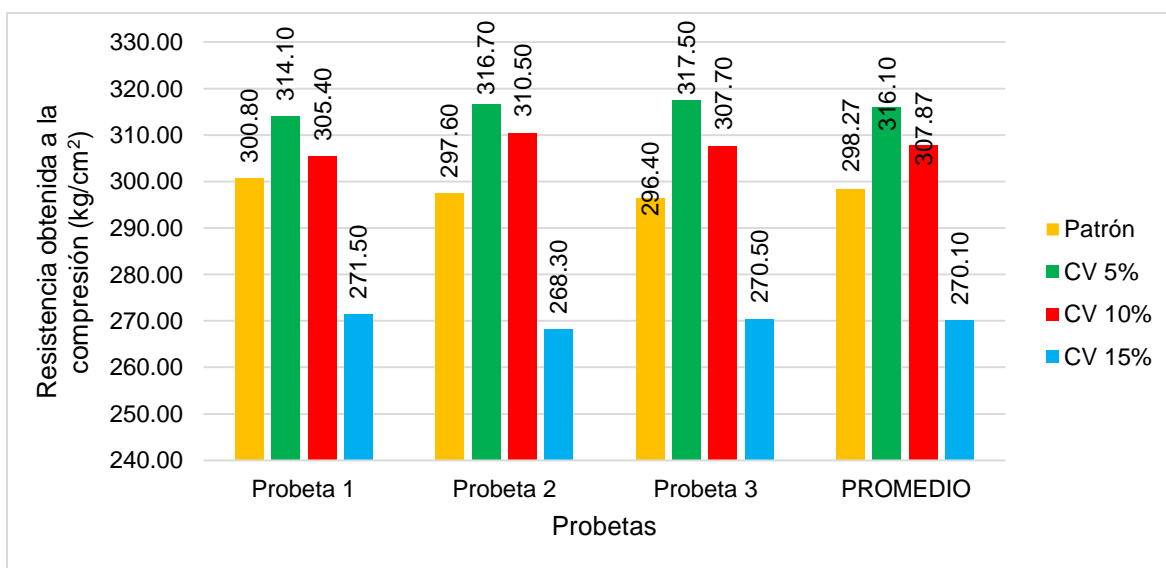
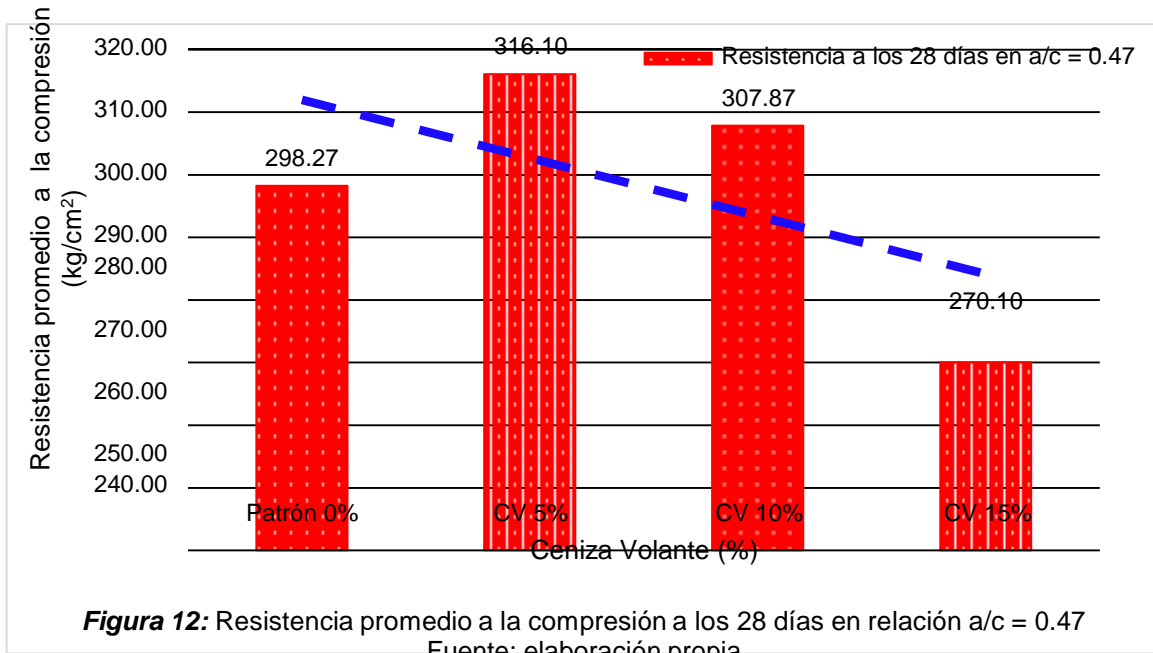
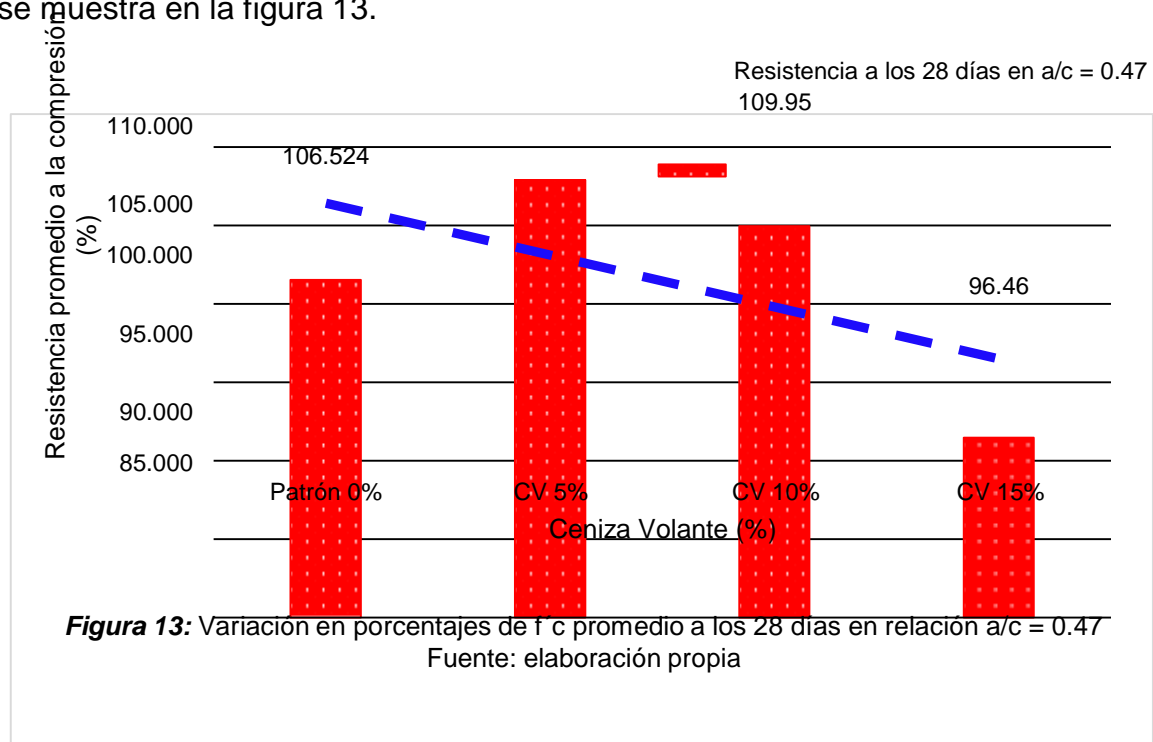


Figura 11: Resistencia a la compresión a los 28 días en relación a/c = 0.47
Fuente: elaboración propia

En la figura 12 se muestra el promedio de la resistencia a la compresión representado por barras a los 28 días con una relación a/c = 0.47, donde el grupo con sustitución en 5% de ceniza volante supera en 17.83 kg/cm², al mismo tiempo se aprecia un incremento de la resistencia a la compresión del grupo con sustitución de 10% de ceniza volante en 9.6 kg/cm², no obstante, se evidencia que la sustitución en 15% disminuye de manera considerable.



La variación de resistencia a la compresión a los 28 días para una relación a/c = 0.47 en porcentajes respecto al concreto de diseño al 100%, donde el concreto patrón presenta una resistencia a la compresión de 106.5% respecto al f'_c de diseño, con sustitución de CV en 5% aumenta en 6.4%, con sustitución de CV en 10% aumenta en 3.5% y con sustitución de CV en 15% disminuye en 10%, tal como se muestra en la figura 13.



En la tabla 27, se aprecia los resultados del ensayo de resistencia a compresión a veinte ocho días de curado, aplicado la fuerza máxima que soporta la probeta de 4" por 8", así mismo, la resistencia promedio del grupo de probetas por cada diseño de mezcla en relación $a/c = 0.5$.

Tabla 27: Resistencia a la compresión a los 28 días en relación $a/c = 0.50$

Probetas	f'c diseño (280kg/cm ²)	Área (cm ²)	máxima (kg/cm ²)	obtenida (kg/cm ²)	promedio (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	promedio (%)
Relación $a/c = 0.5$							
Patrón 0%	250	78.5	20237.30	257.80		103.1	
Patrón 0%	250	78.5	20080.30	255.80	257.73	102.3	103.09
Patrón 0%	250	78.5	20378.60	259.60		103.8	
5% CV	250	78.5	21320.60	271.60		108.6	
5% CV	250	78.5	21548.25	274.50	274.67	109.8	109.87
5% CV	250	78.5	21815.15	277.90		111.2	
10% CV	250	78.5	21257.80	270.80		108.3	
10% CV	250	78.5	20912.40	266.40	268.20	106.6	107.28
10% CV	250	78.5	20990.90	267.40		107.0	
15% CV	250	78.5	18690.85	238.10		95.2	
15% CV	250	78.5	18667.30	237.80	235.87	95.1	94.35
15% CV	250	78.5	18188.45	231.70		92.7	
Fuente: elaboración propia							

En la figura 14, se observa diferentes resistencias a los 28 días con una relación $a/c = 0.5$ del diseño de mezcla con sustitución de ceniza volante en 5%, 10% y 15% en respecto al patrón sin ceniza volante, la resistencia promedio obtenida para el concreto patrón es de 257.73 kg/cm², asimismo con ceniza volante en sustitución de cemento para 5% es de 274.67 kg/cm² el cual supera en 16.94 kg/cm² respecto al concreto patrón, sustitución de ceniza en 10% muestra 268.20 kg/cm² y por último sustitución de ceniza en 15% genera un valor de 235.87 kg/cm².

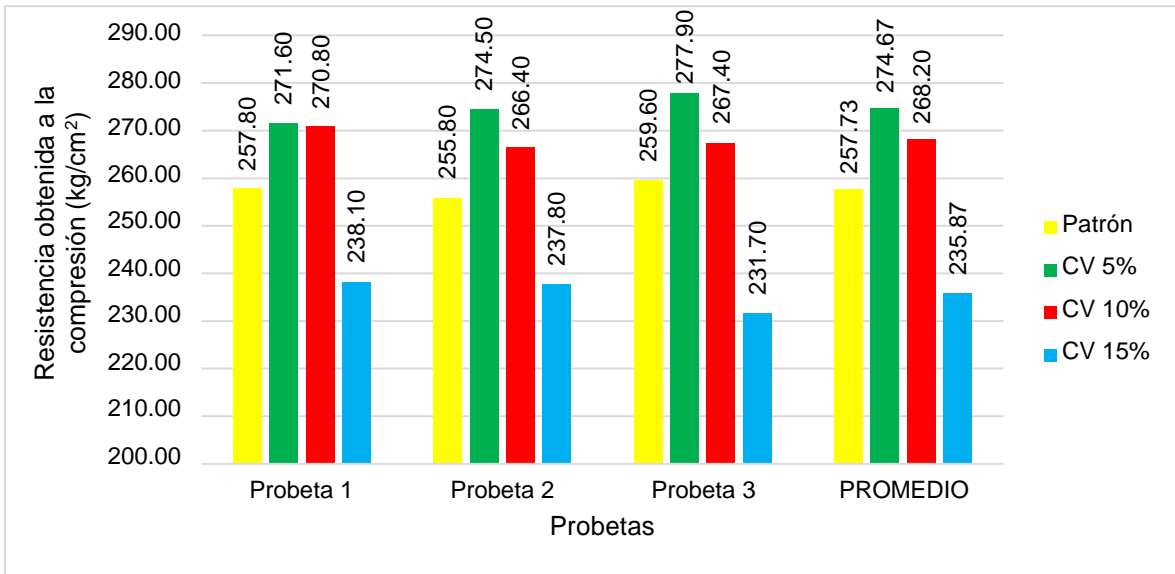


Figura 14: Resistencia obtenida a la compresión a los 28 días en relación a/c = 0.5
Fuente: elaboración propia

En la figura 15 se muestra el promedio de la resistencia a la compresión representado por barras a los 28 días con una relación a/c = 0.5, donde el grupo con sustitución en 5% de ceniza volante supera en 16.94 kg/cm², al mismo tiempo se aprecia un incremento de la resistencia a la compresión del grupo con sustitución de 10% de ceniza volante en 10.47 kg/cm², no obstante, se evidencia que la sustitución en 15% disminuye de manera considerable.

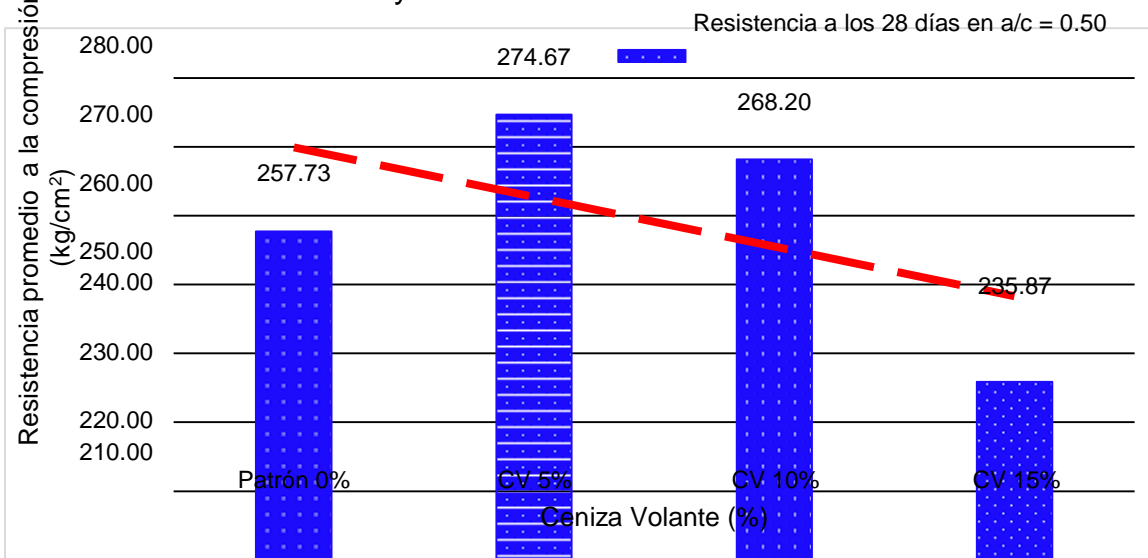
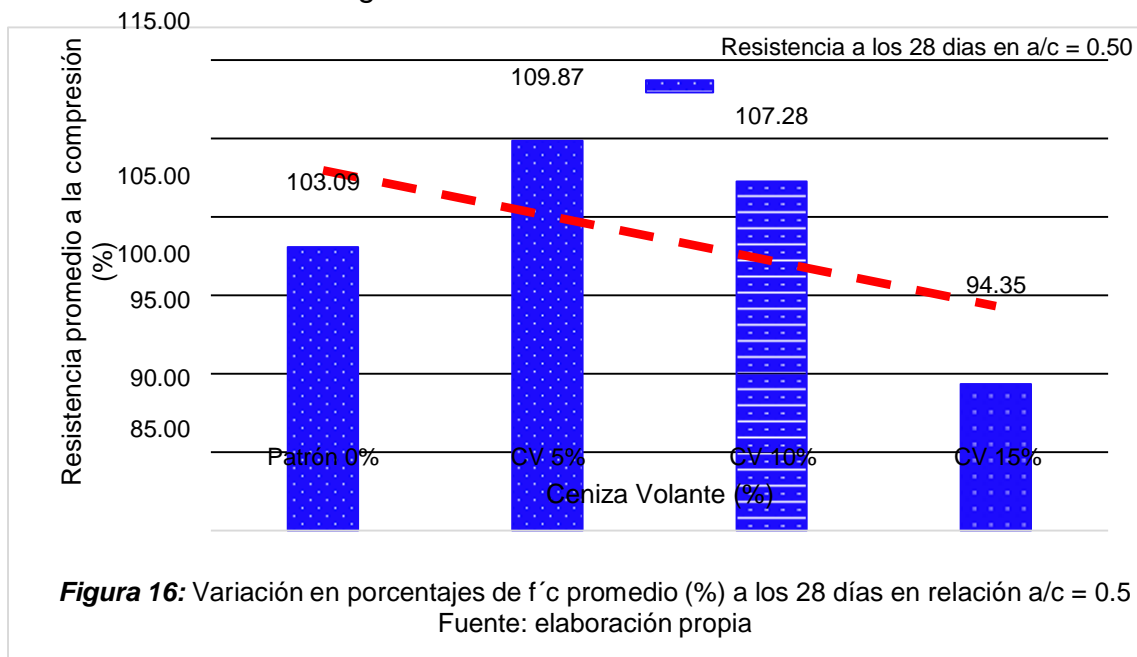


Figura 15: Resistencia promedio a la compresión (kg/cm²) a los 28 días en relación a/c = 0.5
Fuente: elaboración propia

La variación de resistencia a la compresión a los 28 días para una relación a/c = 0.5 en porcentajes respecto al concreto de diseño al 100%, donde el concreto patrón presenta una resistencia a la compresión de 103.09% respecto al f'c de diseño, con sustitución de CV en 5% aumenta en 6.76%, con sustitución de CV en 10% aumenta en 4.19% y con sustitución de CV en 15% disminuye en 8.74%, tal como se muestra en la figura 16.



En la tabla 28 se muestra el resumen de resistencia a la compresión para un concreto con relación a/c = 0.47 a los 7 y 28 días, donde se evidencia incremento de f'c respecto al patrón para los grupos de probetas con sustitución de ceniza volante por cemento en 5% y 10%, siendo el primero en mayor proporción.

Tabla 28: Resumen de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días en relación a/c = 0.47

Probetas	Resistencia promedio a los 7 días (kg/cm ²)	Resistencia promedio a los 7 días (%)	Resistencia promedio a los 28 días (kg/cm ²)	Resistencia promedio a los 28 días (%)
a/c = 0.47				
Patrón 0%	233.25	83.30	298.27	106.52
5% CV	234.28	83.67	316.10	112.89
10% CV	232.02	82.87	307.87	109.95
15% CV	230.32	82.26	270.10	96.46

Fuente: elaboración propia

En la figura 17 se muestra la resistencia a la compresión promedio respecto a los grupos y días de fraguado en relación $a/c = 0.47$, donde la barra de color rojo con sustitución de 5% indica una mayor $f'c$ respecto al patrón en 17.83 kg/cm^2 .

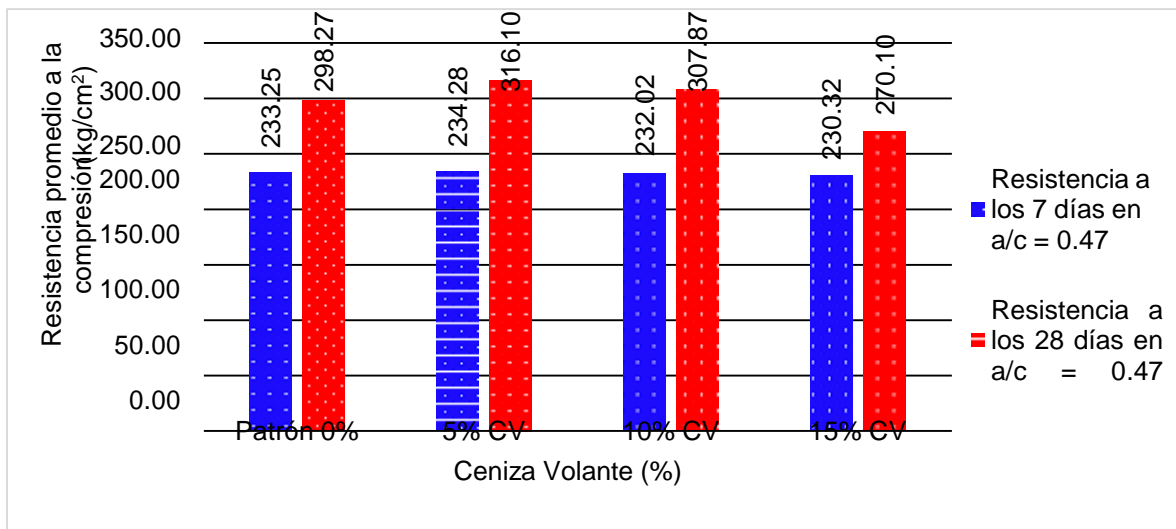


Figura 17: Variación en porcentajes de $f'c$ promedio (kg/cm^2) a los 7 y 28 días en relación $a/c = 0.47$

Fuente: elaboración propia

En la figura 18 se muestra la resistencia a la compresión promedio en porcentaje respecto a los grupos y días de fraguado en relación $a/c = 0.47$, donde la barra de color rojo con sustitución de 5% indica un mayor porcentaje de $f'c$ respecto al patrón en 6.37%.

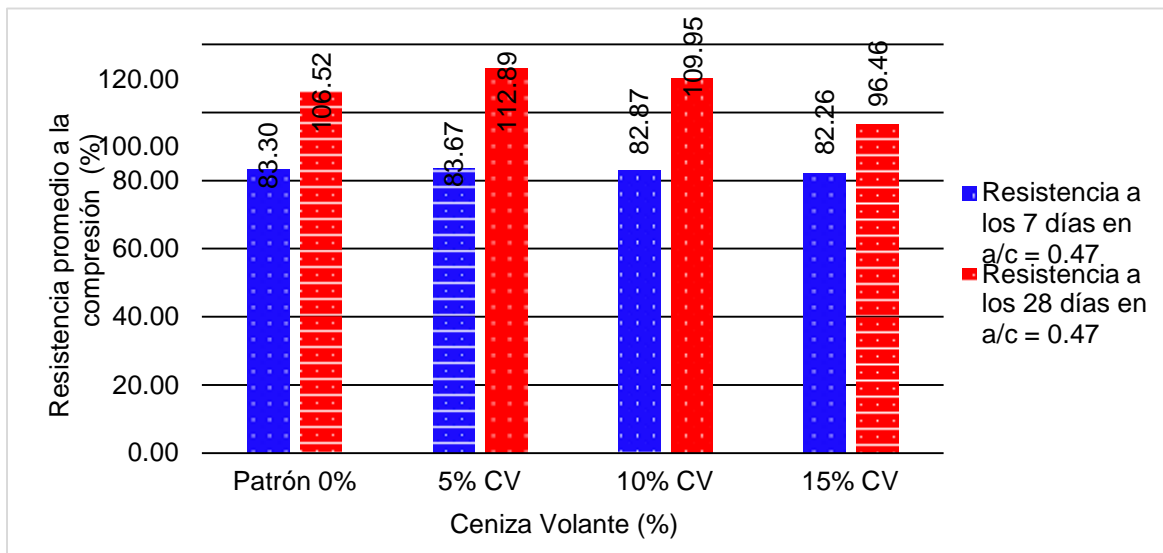


Figura 18: Variación en porcentajes de $f'c$ promedio (%) a los 7 y 28 días en relación $a/c = 0.47$

Fuente: elaboración propia

En la tabla 29 se muestra el resumen de resistencia a la compresión para concreto con relación a/c = 0.5 a los 7 y 28 días, donde se evidencia incremento de $f'c$ respecto al patrón para los grupos de probetas con sustitución de ceniza volante por cemento en 5% y 10%, siendo el primero en mayor proporción.

Tabla 29: Resumen de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días en relación a/c = 0.50

Probetas	Resistencia promedio a los 7 días (kg/cm ²)	Resistencia promedio a los 7 días (%)	Resistencia promedio a los 28 días (kg/cm ²)	Resistencia promedio a los 28 días (%)
a/c = 0.50				
Patrón 0%	198.16	79.26	257.73	103.09
5% CV	199.48	79.79	274.67	109.87
10% CV	196.33	78.53	268.20	107.28
15% CV	192.94	77.17	235.87	94.35

Fuente: elaboración propia

En la figura 19 se muestra la resistencia a la compresión promedio respecto a grupos y días de fraguado en relación a/c = 0.5, donde la barra de color rojo con sustitución de 5% indica una mayor $f'c$ respecto al patrón en 16.94 kg/cm².

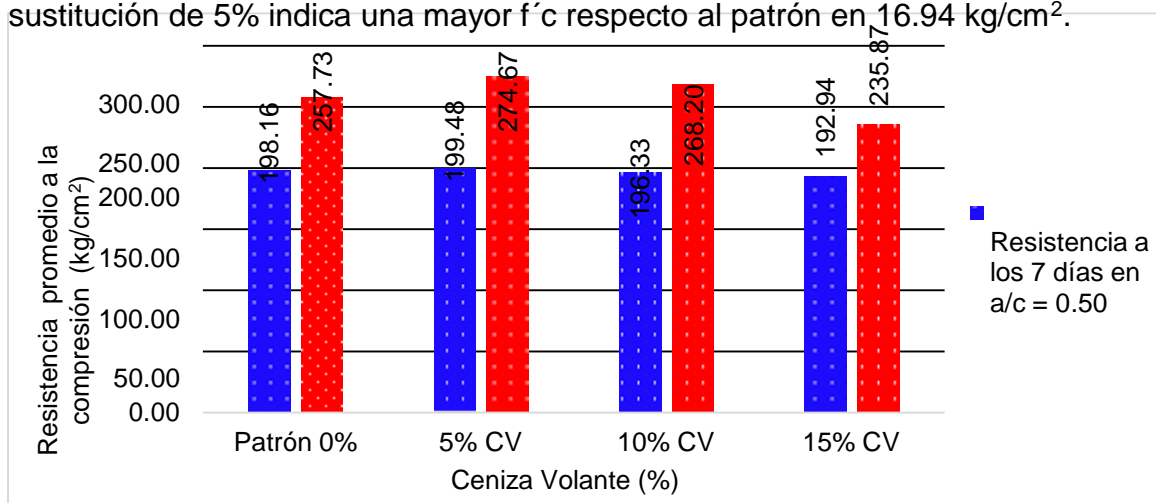


Figura 19: Variación en porcentajes de $f'c$ promedio (kg/cm²) a los 7 y 28 días en relación a/c = 0.5

Fuente: elaboración propia

En la figura 20 se muestra la resistencia a la compresión promedio en porcentaje respecto a los grupos y días de fraguado en relación a/c = 0.5, donde la barra de color rojo con sustitución de 5% indica un mayor porcentaje de $f'c$ respecto al patrón en 6.78%.

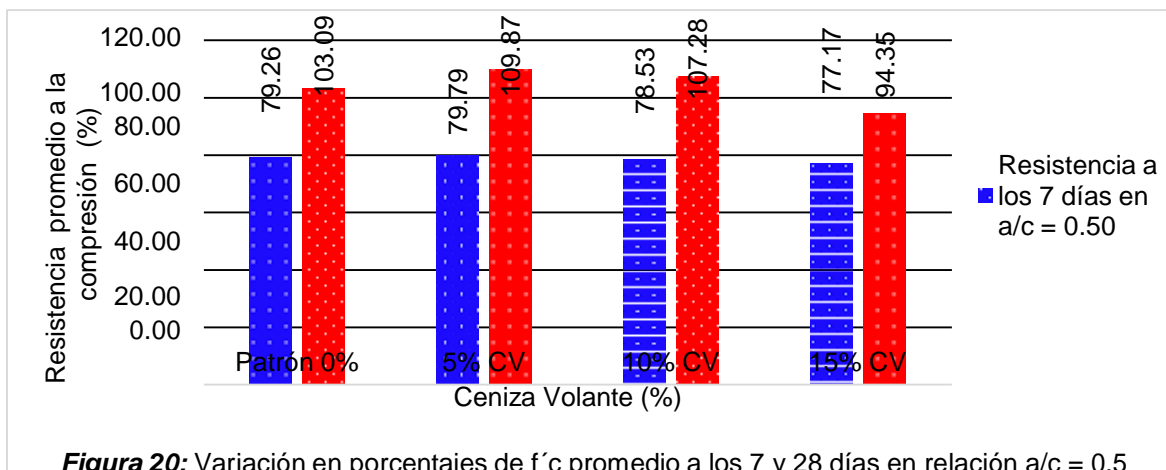


Figura 20: Variación en porcentajes de $f'c$ promedio a los 7 y 28 días en relación $a/c = 0.5$

Fuente: elaboración propia

Volumen de vacíos o porosidad del concreto endurecido

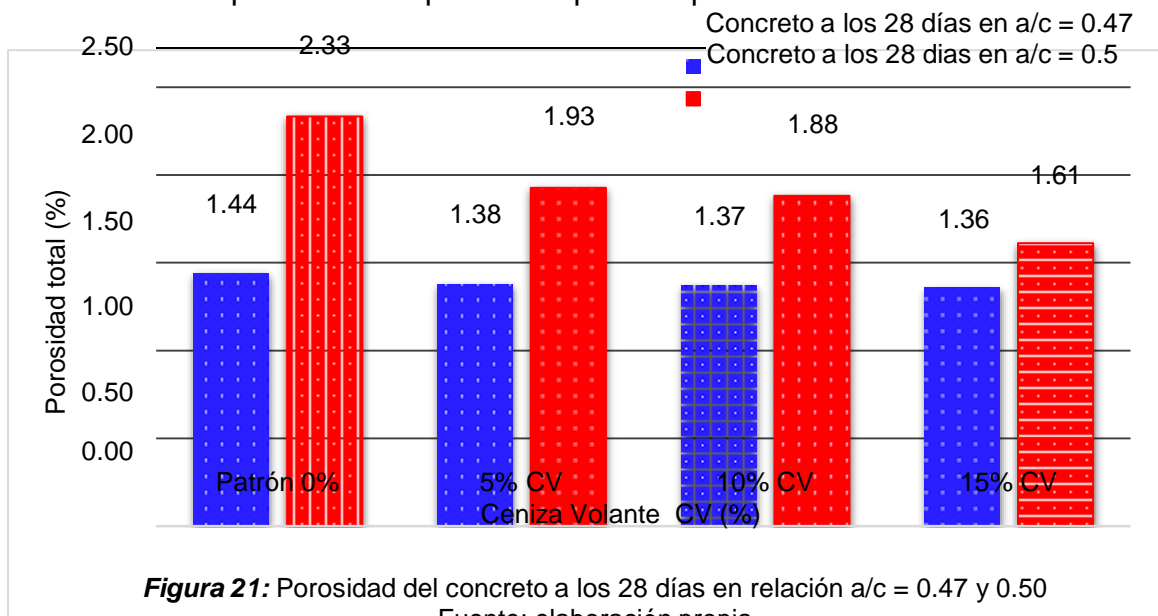
En la siguiente tabla 30, se muestra las propiedades analizadas en la probeta con relación $a/c = 0.47$ y 0.50 en diferentes condiciones como inmersión y ebullición, los cuales generan alcance para determinar el volumen de poros permeables que se muestra, alcanzando para una disminución del porcentaje de poros al adicionar ceniza volante.

Tabla 30: Densidad y Porosidad del concreto a los 28 días en relación $a/c = 0.47$ y 0.50

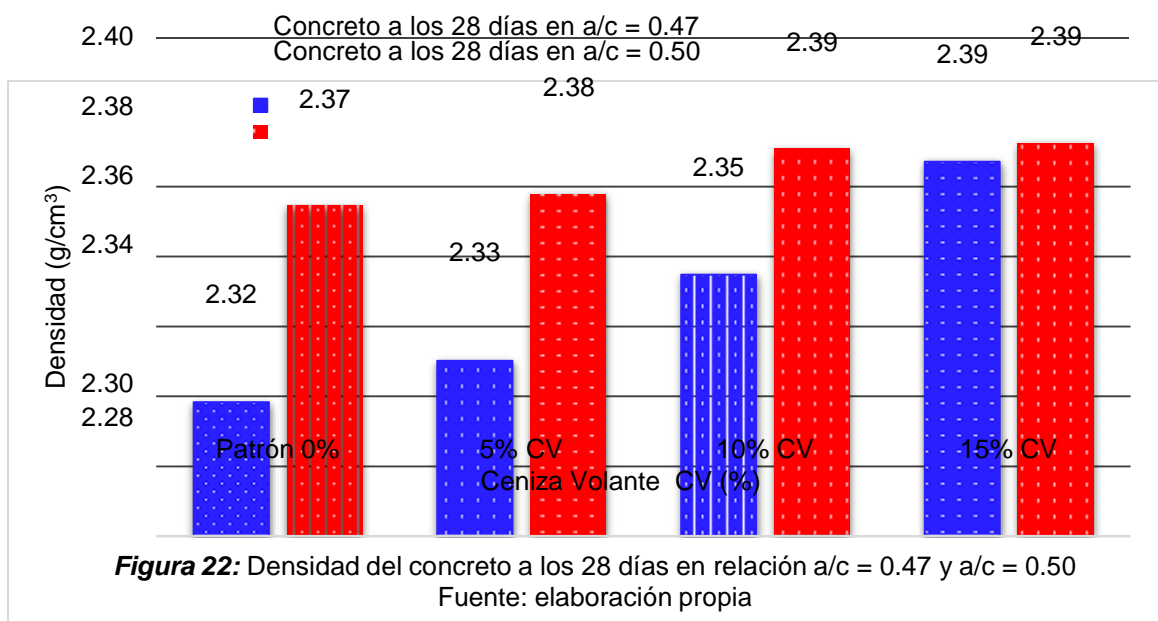
Propiedades	Patrón	5%	10%	15%	Patrón	5%	10%	15%
	$a/c = 0.47$				$a/c = 0.5$			
Absorción después de la inmersión (%)	0.83	0.72	0.72	0.73	1.07	0.98	0.87	0.93
Absorción después de la inmersión y ebullición (%)	0.63	0.59	0.59	0.59	1.00	0.83	0.80	0.69
Densidad seca (g/cm^3)	2.29	2.35	2.32	2.30	2.34	2.33	2.35	2.34
Densidad aparente después de la inmersión (g/cm^3)	2.30	2.37	2.34	2.32	2.36	2.35	2.37	2.36
Densidad aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm^3)	2.30	2.37	2.34	2.31	2.36	2.35	2.36	2.36
Densidad aparente (g/cm^3)	2.32	2.33	2.35	2.39	2.375	2.378	2.391	2.392
Volumen de poros permeables (%)	1.44	1.38	1.37	1.36	2.33	1.93	1.88	1.61

Fuente: elaboración propia

La figura 21 muestra la representación gráfica del versus entre la porosidad (%) y la sustitución de ceniza volante ensayado a la probeta de concreto a una edad de 28 días de curado y relación a/c = de 0.47 y 0.50, donde presenta amplia disminución de porosidad respecto a la probeta patrón.



La figura 22 muestra la representación gráfica del versus entre la densidad (%) y la sustitución de ceniza volante ensayado a la probeta de concreto a una edad de 28 días de curado y relación a/c = 0.47 y 0.50, donde presenta amplia disminución de porosidad respecto a la probeta patrón.



Velocidad de absorción capilar del concreto

En base a los procedimientos especificados en la norma ASTM C 1585-4, se realizó los ensayos de probetas para relación a/c = 0.47 y 0.5 a los 28 días de curado, evidenciando que la velocidad se reduce conforme se incrementa la ceniza volante en el concreto, tal como se muestra en la tabla 31.

Tabla 31: Velocidad de absorción capilar del concreto a los 28 días en relación a/c = 0.47 y 0.50

Probetas	Velocidad de absorción inicial (mm/s ^{1/2})	Velocidad de absorción secundaria (mm/s ^{1/2})	Velocidad de absorción inicial (mm/s ^{1/2})	Velocidad de absorción secundaria (mm/s ^{1/2})
	a/c= 0.47		a/c = 0.5	
Patrón 0%	5.90E-03	3.23E-03	1.92E-02	4.77E-03
5% CV	5.81E-03	2.79E-03	1.46E-02	4.32E-03
10% CV	4.84E-03	2.61E-03	9.88E-03	3.34E-03
15% CV	2.82E-03	2.58E-03	5.84E-03	2.03E-03

Fuente: elaboración propia

Se muestra en la siguiente figura 23, la gráfica de barras representado en el color azul por la velocidad de absorción inicial y en la de color rojo la velocidad de absorción secundaria para un concreto de relación a/c = 0.47, el cual se aprecia la disminución de velocidad de absorción capilar.

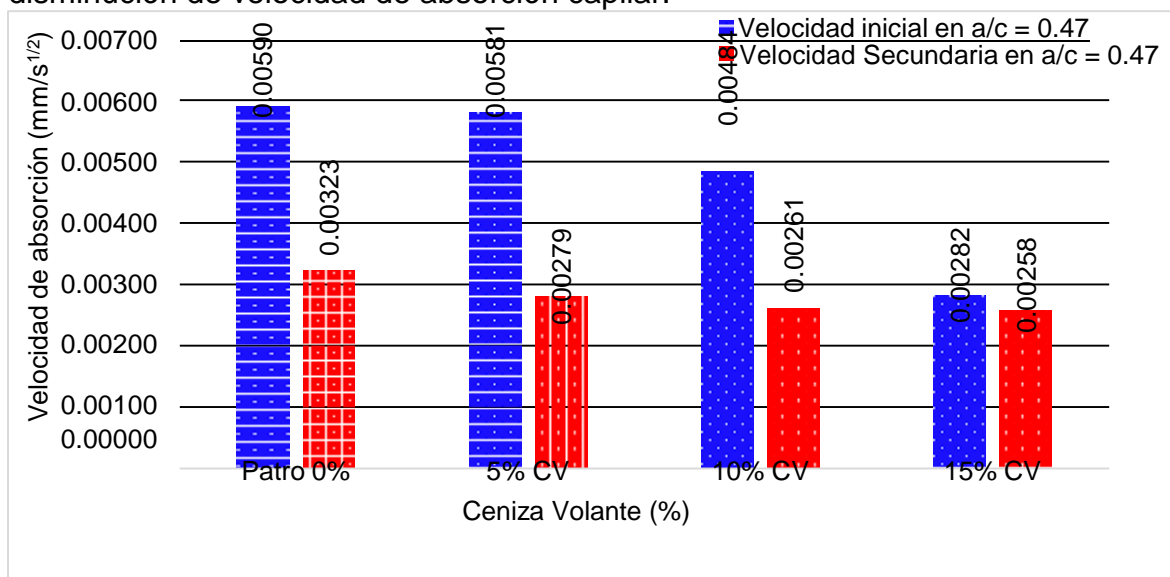
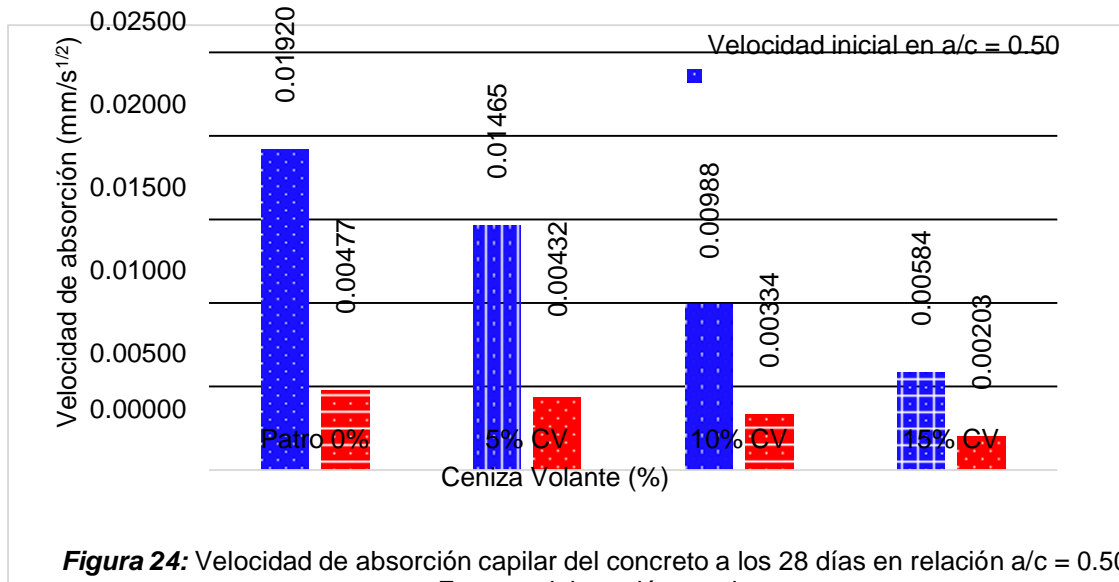


Figura 23: Velocidad de absorción capilar del concreto a los 28 días en relación a/c = 0.47

Fuente: elaboración propia

En la siguiente figura 24, se muestra para una relación $a/c = 0.50$, la gráfica de barras representado en el color azul por la velocidad de absorción inicial y en la de color rojo la velocidad de absorción secundaria, el cual se aprecia la disminución de velocidad de absorción capilar.



Absorción capilar del concreto endurecido

La absorción capilar del concreto endurecido se manifiesta a través de la introducción del fluido como el agua en el concreto, donde se desplaza lentamente a través de los poros existentes, cabe resaltar que el agua se introduce en el concreto ampliamente cuando los poros estén interconectados entre sí, generando que el agua pueda alcanzar alturas enormes.

En la tabla 32 se muestra la profundidad de absorción del agua en milímetros para la probeta de concreto con relación $a/c = 0.47$ y 0.5 a una edad de 28 días de curado, donde se ensayaron a 6 muestras siguiendo el proceso según el ASTM C1585-04, obteniendo una mayor profundidad de absorción en el concreto patrón, respecto a los concretos con ceniza volante que redujeron la profundidad de absorción en una relación inversamente proporcional.

Tabla 32: Absorción capilar de concreto a los 28 días en relación $a/c = 0.47$ y $a/c = 0.50$

Probetas	Absorción capilar I (mm)	Absorción capilar promedio I (mm)	Absorción capilar I (mm)	Absorción capilar promedio I (mm)
	a/c = 0.47		a/c = 0.5	
Patrón 0% - 1	3.02	2.93	6.07	6.07
Patrón 0% - 2	2.88		6.08	
Patrón 0% - 3	2.95		6.11	
Patrón 0% - 4	2.94		6.03	
Patrón 0% - 5	2.90		6.09	
Patrón 0% - 6	2.92		6.04	
5% CV - 1	2.64	2.63	5.00	5.00
5% CV - 2	2.64		5.05	
5% CV - 3	2.65		5.04	
5% CV - 4	2.62		4.95	
5% CV - 5	2.63		5.01	
5% CV - 6	2.59		4.97	
10% CV - 1	2.33	2.37	3.58	3.59
10% CV - 2	2.41		3.61	
10% CV - 3	2.36		3.59	
10% CV - 4	2.36		3.57	
10% CV - 5	2.38		3.61	
10% CV - 6	2.35		3.59	
15% CV - 1	1.99	2.00	2.12	2.10
15% CV - 2	2.01		2.12	
15% CV - 3	2.01		2.14	
15% CV - 4	1.99		2.10	
15% CV - 5	2.01		2.13	
15% CV - 6	2.00		1.99	

Fuente: elaboración propia

En la figura 25 mostrada, se evidencia el gráfico de barras de absorción capilar para relación $a/c = 0.47$ y 0.5 versus la cantidad de sustitución de ceniza volante, teniendo influencia positiva a la reducción de penetración de agua en el concreto.

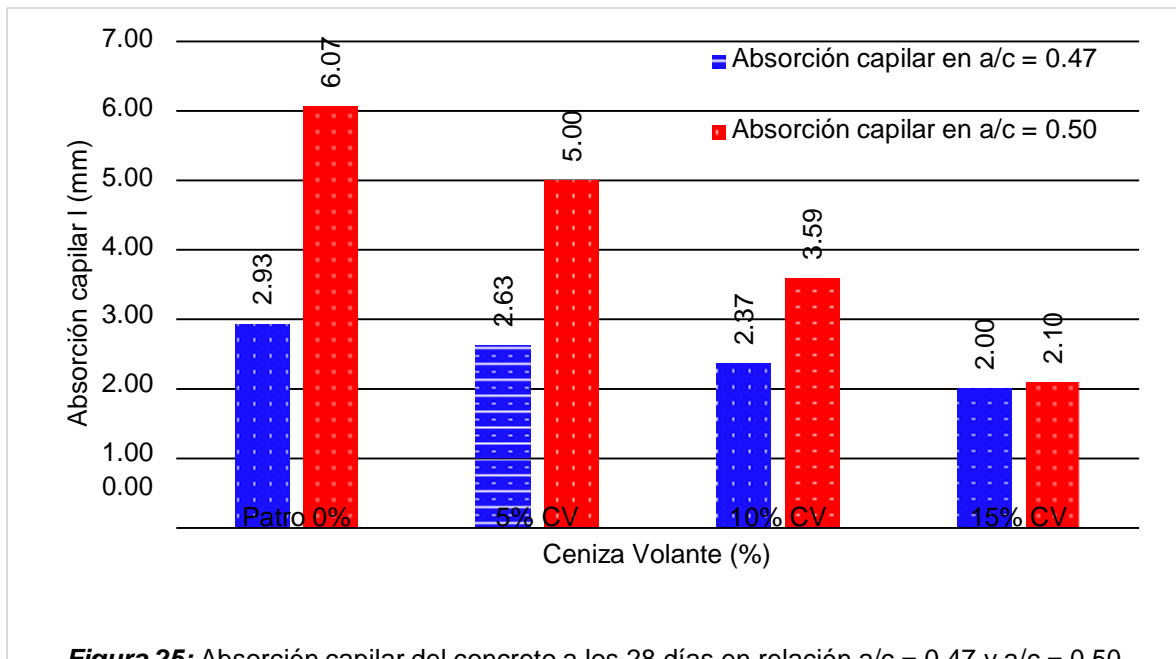


Figura 25: Absorción capilar del concreto a los 28 días en relación a/c = 0.47 y a/c = 0.50
Fuente: elaboración propia

Profundidad de penetración y coeficiente de permeabilidad

En la tabla 33 se muestra los datos obtenidos del ensayo de profundidad de penetración (mm) bajo presión de agua aplicada durante 4 días que son en total 345600 segundos, además se toman los datos del ensayo de porosidad y así obtener el coeficiente de permeabilidad.

Tabla 33: Profundidad de penetración y coeficiente de permeabilidad a los 28 días en relación a/c = 0.47 y a/c = 0.50

Probetas	Longitud de la muestra (m)	Área transversal (m ²)	Tiempo de ensayo (s)	Porosidad (%)	Profundidad de penetración (mm)	Coeficiente de permeabilidad (m/s)
a/c = 0.50						
Patrón 0%	0.202	0.018	345600	1.440	40	4.55E-11
5% CV	0.202	0.018	345600	1.379	35	1.56E-11
10% CV	0.202	0.018	345600	1.372	28	9.46E-13
15% CV	0.203	0.018	345600	1.357	23	7.63E-13
a/c = 0.47						
Patrón 0%	0.202	0.018	345600	2.335	46	9.63E-11
5% CV	0.202	0.018	345600	1.927	35	3.62E-11
10% CV	0.202	0.018	345600	1.882	27	8.42E-13
15% CV	0.203	0.018	345600	1.612	20	4.65E-13

Fuente: laboratorio MTL GEOTECNIA

En la figura 26 presenta los resultados de profundidad de penetración, para concreto en relación $a/c = 0.47$ se obtuvo la profundidad máxima en el concreto patrón 40 mm, sin embargo, cuando se sustituye por ceniza disminuye en 35 mm, 28 mm, y 23mm en las proporciones de menos a más. En el concreto en relación $a/c = 0.5$ se logra los siguiente profundidades 46 mm, 35 mm, 27 mm y 20 mm respecto a los porcentajes sustituidos. Todos los datos se encuentran dentro de los límites que exige la NTC 4483.

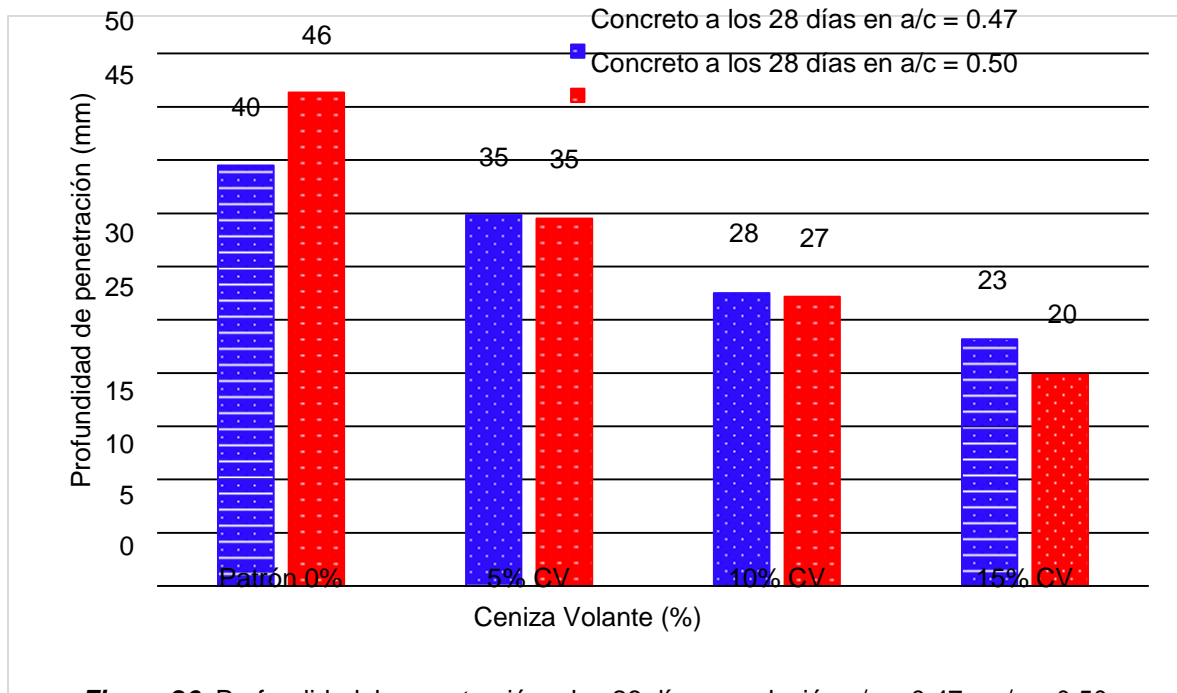


Figura 26: Profundidad de penetración a los 28 días en relación $a/c = 0.47$ y $a/c = 0.50$
Fuente: elaboración propia

En la figura 27 se aprecia el coeficiente de permeabilidad respecto a los porcentajes de ceniza volante y está dentro de concretos de media y baja permeabilidad, el máximo para relación $a/c = 0.47$ es 4.55×10^{-11} m/s del patrón y el mínimo en 15% CV de 7.63×10^{-11} m/s. Para $a/c = 0.50$ el máximo obtenido es del patrón 9.63×10^{-11} m/s y el mínimo en 15% CV de 4.65×10^{-11} m/s. En los dos casos al sustituir por ceniza volante disminuye el coeficiente de permeabilidad en todas las proporciones.

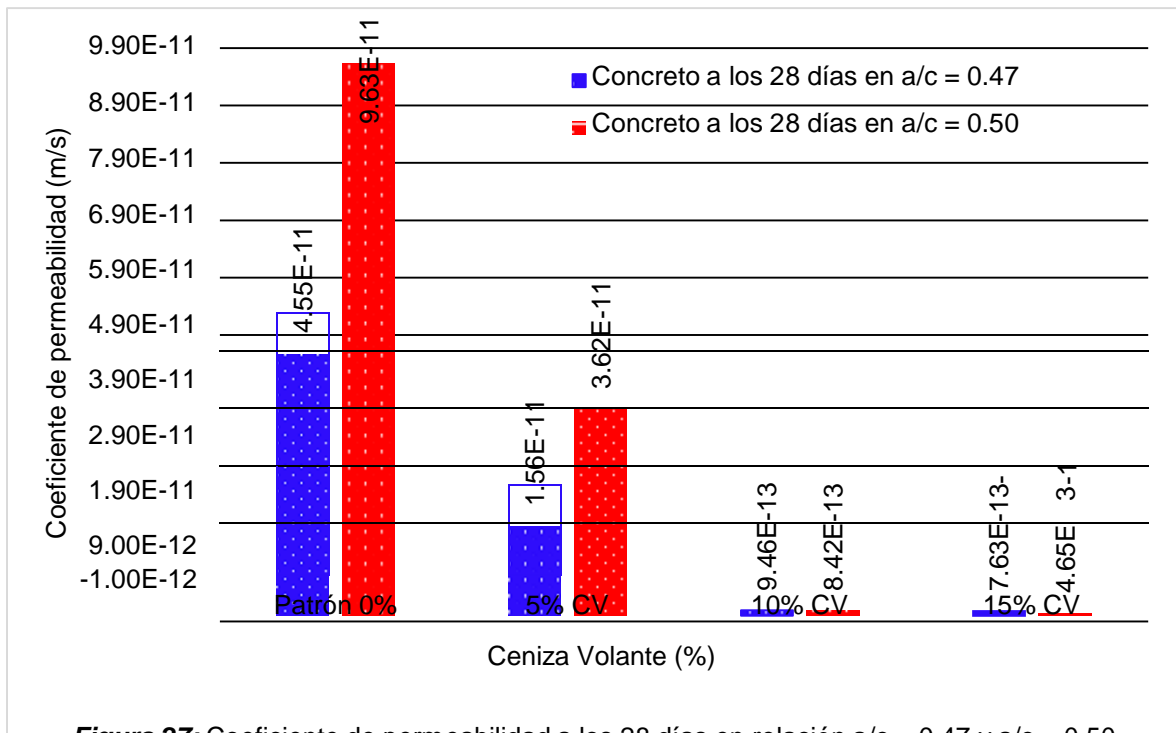


Figura 27: Coeficiente de permeabilidad a los 28 días en relación a/c = 0.47 y a/c = 0.50
Fuente: elaboración propia

Contraste de hipótesis general

H₀: La hipótesis general nula es: Sustitución de cemento por ceniza volante no reduce la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020.

H₁: La hipótesis general alternativa es: Sustitución de cemento por ceniza volante reduce la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020.

En las tres hipótesis específicas se rechazaron las hipótesis nulas ya que los niveles de significancia fueron menores a 0.05, por tanto, la hipótesis general nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa, donde al sustituir el cemento por ceniza volante reduce la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, en todas las proporciones sustituidas de 5% , 10% y 15% ensayados a los 28 días de curado, para diseño de mezcla de concreto en relación a/c = 0.47 y a/c = 0.50.

Contraste de hipótesis específica 1

H₀: $\mu \geq 1.44\%$ de porosidad: Sustitución de cemento por ceniza volante no reduce los espacios vacíos o porosidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020.

H₁: $\mu < 1.44\%$ de porosidad: Sustitución de cemento por ceniza volante reduce los espacios vacíos o porosidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020.

Nivel de significancia: 0.05

Tabla 34: Resumen de significancia (Valor p) de la hipótesis específica 1

Dimensión	Indicadores	Hipótesis	Significancia (Valor p)		
			5% CV	10% CV	15% CV
Espacios vacíos o porosidad	<i>a/c = 0.47</i>				
	Volumen de vacíos o porosidad (%)	H ₀ : $\mu \geq 1.44$	0.023	0.025	0.033
		H ₁ : $\mu < 1.44$			
	Densidad (g/cm ³)	H ₀ : $\mu \leq 2.32$	0.000	0.000	0.000
		H ₁ : $\mu > 2.32$			
	<i>a/c = 0.50</i>				
	Volumen de vacíos o porosidad (%)	H ₀ : $\mu \geq 2.35$	0.000	0.000	0.000
		H ₁ : $\mu < 2.35$			
	Densidad (g/cm ³)	H ₀ : $\mu \leq 2.37$	0.000	0.000	0.000
		H ₁ : $\mu > 2.37$			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 34 se detalla que los valores $p < 0.05$ en todas las proporciones de ceniza volante y en relación *a/c*, por tanto, se rechaza la hipótesis específica nula 1 y se acepta la hipótesis específica alternativa 1, así mismo, la sustitución de cemento por ceniza volante reduce los espacios vacíos o porosidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas.

En líneas abajo se presentan todos los cálculos respectivos de prueba de hipótesis específica 1, tanto de absorción y densidad de las probetas con diferentes proporciones de ceniza volante tanto en relación *a/c* =0.47 y 0.50.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.47	Patron0%	6	1,4383	,04622	,01887
	5%CV	6	1,3783	,01722	,00703

Figura 28: Estadística de media y desviación estándar de porosidad (%) del concreto a los 28 días en a/c = 0.47 con 5% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 29 se observa que la significancia $p = 0.023 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, asimismo, quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 5% con respecto al peso del cemento disminuye la porosidad o volumen de vacíos en 0.06% a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación a/c = 0.47.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.47	Se asumen varianzas iguales	3,462	,092	2,979	10	,014	,06000	,02014	,01513	,10487
	No se asumen varianzas iguales			2,979	6,362	,023	,06000	,02014	,01140	,10860

Figura 29: Estadística de prueba t de porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.47 con 5% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 30 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.019 para el concreto de control y 0.016 para concreto al 10% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.47	Patron0%	6	1,4383	,04622	,01887
	10%CV	6	1,3733	,03830	,01563

Figura 30: Estadística de media y desviación estándar de porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.47 con 10% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 31 se observa que la significancia $p = 0.025 < 0.05$, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 10% con respecto al peso del cemento disminuye la porosidad o volumen de vacíos en 0.065% a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación $a/c = 0.47$.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$	Se asumen varianzas iguales	,052	,824	2,652	10	,024	,06500	,02451	,01040	,11960
	No se asumen varianzas iguales			2,652	9,666	,025	,06500	,02451	,01014	,11986

Figura 31: Estadística de prueba t de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 10% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 32 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.019 para el concreto de control y 0.026 para concreto al 15% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$	Patron0%	6	1,4383	,04622	,01887
	15%CV	6	1,3567	,06470	,02642

Figura 32: Estadística de media y desviación estándar de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 15% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 33 se observa que la significancia $p = 0.033 < 0.05$, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 15% con respecto al peso del cemento disminuye la porosidad o volumen de vacíos en 0.0816% a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación $a/c = 0.47$.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.47	Se asumen varianzas iguales	,365	,559	2,516	10	,031	,08167	,03246	,00933	,15400
	No se asumen varianzas iguales			2,516	9,049	,033	,08167	,03246	,00829	,15504

Figura 33: Estadística de prueba t de porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.47 con 15% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 34 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.052 para el concreto de control y 0.007 para concreto al 5% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	6	2,3483	,12859	,05250
	5%CV	6	1,9267	,01633	,00667

Figura 34: Estadística de media y desviación estándar de porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 5% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 35 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 5% con respecto al peso del cemento disminuye la porosidad o volumen de vacíos en 0.4216% a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación a/c = 0.50.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50	Se asumen varianzas iguales	4,132	,069	7,968	10	,000	,42167	,05292	,30375	,53958
	No se asumen varianzas iguales			7,968	5,161	,000	,42167	,05292	,28690	,55643

Figura 35: Estadística de prueba t de porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 5% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 36 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.053 para el concreto patrón y 0.013 para concreto al 10% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Dev. Desviación	Dev. Error promedio
Porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	6	2,3483	,12859	,05250
	10%CV	6	1,8833	,03266	,01333

Figura 36: Estadística de media y desviación estándar de porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 10% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 37 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 10% con respecto al peso del cemento disminuye la porosidad o volumen de vacíos en 0.465% a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación a/c = 0.50.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de ...		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50	Se asumen varianzas iguales	3,019	,113	8,585	10	,000	,46500	,05417	,34431	,58569
	No se asumen varianzas iguales			8,585	5,642	,000	,46500	,05417	,33040	,59960

Figura 37: Estadística de prueba t de porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 10% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 38 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.053 para el concreto patrón y 0.078 para concreto al 15% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Dev. Desviación	Dev. Error promedio
Porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	6	2,3483	,12859	,05250
	15%CV	6	1,6133	,19002	,07757

Figura 38: Estadística de media y desviación estándar de porosidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 15% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 39 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 15% con respecto al peso del cemento disminuye la porosidad o volumen de vacíos en 0.735% a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación $a/c = 0.50$.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$	Se asumen varianzas iguales	,431	,526	7,847	10	,000	,73500	,09367	,52829	,94371
	No se asumen varianzas iguales			7,847	8,786	,000	,73500	,09367	,52232	,94768

Figura 39: Estadística de prueba t de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 15% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 40 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.001 para el concreto patrón y 0.000 para concreto al 5% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Densidad del concreto (g/cm ³) a los 28 días en $a/c = 0.47$	Patron0%	6	2,31833	,001366	,000558
	5%CV	6	2,33017	,000408	,000167

Figura 40: Estadística de media y desviación estándar de densidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 5% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 41 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 5% con respecto al peso del cemento aumenta la densidad en

0.012 g/cm³ a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación a/c = 0.47.

Prueba de muestras independientes											
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				prueba t para la igualdad de medias				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior	
Densidad del concreto (g/cm ³) a los 28 días en a/c = 0.47.	Se asumen varianzas iguales	2,257	,164	-20,327	10	,000	-,011833	,000582	-,01313	-,010536	
	No se asumen varianzas iguales			-20,327	5,886	,000	-,011833	,000582	-,01326	-,010402	

Figura 41: Estadística de prueba t de densidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.47 con 5% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 42 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.001 para el concreto patrón y 0.001 para concreto al 10% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Densidad del concreto (g/cm ³) a los 28 días en a/c = 0.47	Patron0%	6	2,31833	,001366	,000558
	10%CV	6	2,35467	,003445	,001406

Figura 42: Estadística de media y desviación estándar de densidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.47 con 10% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 43 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 10% con respecto al peso del cemento aumenta la densidad en 0.036 g/cm³ a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación a/c = 0.47.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl.	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Densidad del concreto (g/cm ³) a los 28 días en a/c = 0.47	Se asumen varianzas iguales	2,586	,139	-24,016	10	,000	-,03633	,001513	-,03970	-,032962
	No se asumen varianzas iguales			-24,016	6,535	,000	-,03633	,001513	-,03996	-,032704

Figura 43: Estadística de prueba t de densidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.47 con 10% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 44 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.001 para el concreto patrón y 0.000 para concreto al 15% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Densidad del concreto (g/cm ³) a los 28 días en a/c = 0.47	Patron0%	6	2,31833	,001366	,000558
	15%CV	6	2,38717	,000983	,000401

Figura 44: Estadística de media y desviación estándar de densidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.47 con 15% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 45 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 15% con respecto al peso del cemento aumenta la densidad en 0.036 g/cm^3 a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación $a/c = 0.47$.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Densidad del concreto (g/cm ³) a los 28 días en a/c = 0.47	Se asumen varianzas iguales	,322	,583	-100,17	10	,000	-,068833	,000687	-,07036	-,067302
	No se asumen varianzas iguales			-100,17	9,083	,000	-,068833	,000687	-,07039	-,067281

Figura 45: Estadística de prueba t de densidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.47 con 15% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 46 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.000 para el concreto patrón y 0.000 para concreto al 5% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Densidad del concreto (g/cm ³) a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	6	2,37467	,000516	,000211
	5%CV	6	2,37783	,000753	,000307

Figura 46: Estadística de media y desviación estándar de densidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 5% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 47 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 5% con respecto al peso del cemento aumenta la densidad en 0.003 g/cm³ a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación a/c = 0.50.

Prueba de muestras independientes											
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior	
Densidad del concreto (g/cm ³) a los 28 días en a/c = 0.50	Se asumen varianzas iguales	,328	,580	-8,497	10	,000	-,003167	,000373	-,00400	-,002336	
	No se asumen varianzas iguales			-8,497	8,853	,000	-,003167	,000373	-,00401	-,002321	

Figura 47: Estadística de prueba t de densidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 5% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 48 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.000 para el concreto patrón y 0.000 para concreto al 10% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Densidad del concreto (g/cm ³) a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	6	2,37467	,000516	,000211
	10%CV	6	2,39067	,000516	,000211

Figura 48: Estadística de media y desviación estándar de densidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 10% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 49 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 10% con respecto al peso del cemento aumenta la densidad en 0.016 g/cm^3 a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación $a/c = 0.50$.

Prueba de muestras independientes											
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior	
Densidad del concreto (g/cm ³) a los 28 días en a/c = 0.50	Se asumen varianzas iguales	,000	1,000	-53,666	10	,000	-,016000	,000298	-,01666	-,01534	
	No se asumen varianzas iguales			-53,666	10,000	,000	-,016000	,000298	-,01666	-,01534	

Figura 49: Estadística de prueba t de densidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 10% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 50 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.000 para el concreto patrón y 0.001 para concreto al 15% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Densidad del concreto (g/cm ³) a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	6	2,37467	,000516	,000211
	15%CV	6	2,39250	,002881	,001176

Figura 50: Estadística de media y desviación estándar de densidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 15% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 51 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, asimismo quiere decir que existe una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 15% con respecto al peso del cemento aumenta la densidad en 0.018 g/cm^3 a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación a/c = 0.50.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl.	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
Densidad del concreto (g/cm ³) a los 28 días en a/c = 0.50	Se asumen varianzas iguales	4,113	,070	-14,925	10	,000	-,017833	,001195	-,02050	-,015171
	No se asumen varianzas iguales			-14,925	5,321	,000	-,017833	,001195	-,02085	-,014817

Figura 51: Estadística de prueba t de densidad del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 15% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

Contraste de hipótesis específica 2

H₀: $\mu \geq 2.94$ mm: Sustitución de cemento por ceniza volante no disminuye la absorción capilar del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020

H₁: $\mu < 2.94$ mm: Sustitución de cemento por ceniza volante disminuye la absorción capilar del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020

Nivel de significancia: 0.05

Tabla 35: Resumen de significancia (Valor p) de la hipótesis específica 2

Dimensión	Indicadores	Hipótesis	Valor p		
			5% CV	10% CV	15% CV
Absorción	<i>a/c = 0.47</i>				
	Absorción por capilaridad (mm)	H ₀ : $\mu \geq 2.94$	0.000	0.000	0.000
		H ₁ : $\mu < 2.94$			
	<i>a/c = 0.50</i>				
	Absorción por capilaridad (mm)	H ₀ : $\mu \geq 6.07$	0.000	0.000	0.000
		H ₁ : $\mu < 6.07$			

Fuente: elaboración propia

En la tabla 35 se observa que los valores $p < 0.05$ en todas las proporciones de ceniza volante y en *a/c*, por tanto, se rechaza la hipótesis específica nula 2 y se acepta la hipótesis específica alternativa 2, así mismo, la sustitución de cemento por ceniza volante disminuye la absorción del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas. En líneas abajo se presentan todos los cálculos respectivos de prueba de hipótesis específica 2, de absorción capilar de las probetas con diferentes proporciones de ceniza volante tanto en relación *a/c* = 0.47 y 0.50.

En la figura 52 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.020 para el concreto patrón y 0.009 para concreto al 5% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Absorción capilar del concreto a los 28 días en <i>a/c</i> = 0.47	Patron0%	6	2,9350	,04889	,01996
	5%CV	6	2,6283	,02137	,00872

Figura 52: Estadística de media y desviación estándar de absorción capilar del concreto a los 28 días en *a/c* = 0.47 con 5% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 53 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 5% con respecto al peso del cemento disminuye la absorción capilar en 0.3067 mm referente al patrón 2.9350 mm a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación $a/c = 0.47$.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Absorción capilar del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$	Se asumen varianzas iguales	2,088	,179	14,079	10	,000	,30667	,02178	,25813	,35520
	No se asumen varianzas iguales			14,079	8,843	,000	,30667	,02178	,25492	,35841

Figura 53: Estadística de prueba t de absorción capilar del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 5% de ceniza volante
Fuente: elaboración propia

En la figura 54 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.020 para el concreto patrón y 0.011 para concreto al 10% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Dev. Desviación	Dev. Error promedio
Absorción capilar del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$	Patron0%	6	2,9350	,04889	,01996
	10%CV	6	2,3650	,02739	,01118

Figura 54: Estadística de media y desviación estándar de porosidad del concreto a los 28 días en $a/c = 0.47$ con 10% de ceniza volante
Fuente: elaboración propia

En la figura 55 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 10% con respecto al peso del cemento disminuye la absorción capilar en 0.57 mm referente al patrón 2.9350 mm a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación $a/c = 0.47$.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.47	Se asumen varianzas iguales	1,134	,312	24,916	10	,000	,57000	,02288	,51903	,62097
	No se asumen varianzas iguales			24,916	7,857	,000	,57000	,02288	,51708	,62292

Figura 55: Estadística de prueba t de absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.47

con 10% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 56 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.020 para el concreto patrón y 0.004 para concreto al 15% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.47	Patron0%	6	2,9350	,04889	,01996
	15%CV	6	2,0017	,00983	,00401

Figura 56: Estadística de media y desviación estándar de absorción capilar del concreto a 28 días

en a/c = 0.47 con 15% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 57 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 15% con respecto al peso del cemento disminuye la absorción capilar en 0.9333 mm referente al patrón 2.9350 mm a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación $a/c = 0.47$.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.47	Se asumen varianzas iguales	4,571	,058	45,846	10	,000	,93333	,02036	,88797	,97869
	No se asumen varianzas iguales			45,846	5,404	,000	,93333	,02036	,88216	,98451

Figura 57: Estadística de prueba t de absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.47 con 15% de ceniza volante
Fuente: elaboración propia

En la figura 58 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.012 para el concreto patrón y 0.016 para concreto al 5% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	6	6,0700	,03033	,01238
	5%CV	6	5,0033	,03882	,01585

Figura 58: Estadística de media y desviación estándar de absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 5% de ceniza volante
Fuente: elaboración propia

En la figura 59 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 5% con respecto al peso del cemento disminuye la absorción capilar en 1.0667 mm referente al patrón 6.0700 mm a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación a/c = 0.50.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la ...	
									Inferior	Superior
Absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.50	Se asumen varianzas iguales	,385	,549	53,039	10	,000	1,06667	,02011	1,02186	1,11148
	No se asumen varianzas iguales			53,039	9,448	,000	1,06667	,02011	1,02150	1,11183

Figura 59: Estadística de prueba t de absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 5% de ceniza volante
Fuente: elaboración propia

En la figura 60 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.012 para el concreto patrón y 0.007 para concreto al 10% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	6	6,0700	,03033	,01238
	10%CV	6	3,5917	,01602	,00654

Figura 60: Estadística de media y desviación estándar de absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 10% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 61 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 10% con respecto al peso del cemento disminuye la absorción capilar en 2.4783 mm referente al patrón 6.0700 mm a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación a/c = 0.50.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.50	Se asumen varianzas iguales	2,153	,173	176,97	10	,000	2,47833	,01400	2,4471	2,50954
	No se asumen varianzas iguales			176,97	7,588	,000	2,47833	,01400	2,4457	2,51093

Figura 61: Estadística de prueba t de absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 10% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 62 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.012 para el concreto patrón y 0.023 para concreto al 15% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	6	6,0700	,03033	,01238
	15%CV	6	2,1000	,05550	,02266

Figura 62: Estadística de media y desviación estándar de absorción capilar del concreto a los 28 días en a/c = 0.50 con 15% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 63 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 15% con respecto al peso del cemento disminuye la absorción capilar en 3.97 mm referente al patrón 6.0700 mm a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación $a/c = 0.50$.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Absorción capilar del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$	Se asumen varianzas iguales	.615	.451	153,76	10	.000	3,97000	.02582	3,91247	4,02753
	No se asumen varianzas iguales			153,76	7,742	.000	3,97000	.02582	3,91011	4,02989

Figura 63: Estadística de prueba t de absorción capilar del concreto a los 28 días en $a/c = 0.50$ con 15% de ceniza volante
Fuente: elaboración propia

Contraste de hipótesis específica 3

H₀: $\mu \geq 39.5$ mm: Sustitución de cemento por ceniza volante no reduce la permeabilidad bajo presión de agua del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020.

H₁: $\mu < 39.5$ mm: Sustitución de cemento por ceniza volante reduce la permeabilidad bajo presión de agua del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020

Nivel de significancia: 0.05

Tabla 36: Resumen de significancia (Valor p) de la hipótesis específica 3

Dimensión	Indicadores	Hipótesis	Valor p		
			5% CV	10% CV	15% CV
Permeabilidad bajo presión de agua	$a/c = 0.47$				
	Profundidad de penetración (mm)	H ₀ : $\mu \geq 39.5$	0.000	0.000	0.000
		H ₁ : $\mu < 39.5$			
	$a/c = 0.50$				
	Profundidad de penetración (mm)	H ₀ : $\mu \geq 46.3$	0.000	0.000	0.000
		H ₁ : $\mu < 46.3$			

Fuente: elaboración propia

En la tabla 36 se observa que los valores $p < 0.05$ en todas las proporciones de ceniza volante y en a/c, por tanto, se rechaza la hipótesis específica nula 3 y se acepta la hipótesis específica alternativa 3, así mismo, sustitución de cemento por CV reduce la permeabilidad bajo presión de agua del concreto 280 kg/cm^2 para estructuras hidráulicas.

En líneas abajo se presentan todos los cálculos respectivos de prueba de hipótesis específica 3, de permeabilidad bajo presión de agua de las probetas con diferentes proporciones de ceniza volante tanto en a/c = 0.47 y 0.50.

En la figura 64 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.342 para el concreto patrón y 0.307 para concreto al 5% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Profundidad de penetración (mm) a los 28 días en a/c = 0.47	Patron0%	6	39,5000	,83666	,34157
	5%CV	6	34,8333	,75277	,30732

Figura 64: Estadística de media y desviación estándar de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.47 con 5% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 65 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 5% con respecto al peso del cemento disminuye la permeabilidad bajo presión de agua en 4.67 mm referente al patrón 39.50 mm a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación a/c = 0.47.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Profundidad de penetración (mm) a los 28 días en a/c = 0.47	Se asumen varianzas iguales	,204	,661	10,157	10	,000	4,66667	,45947	3,64291	5,69043
	No se asumen varianzas iguales			10,157	9,890	,000	4,66667	,45947	3,64137	5,69197

Figura 65: Estadística de prueba t de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.47 con 5% de ceniza volante
Fuente: elaboración propia

En la figura 66 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.342 para el concreto patrón y 0.428 para concreto al 10% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Profundidad de penetración (mm) a los 28 días en a/c = 0.47	Patron0%	6	39,5000	,83666	,34157
	10%CV	6	27,5000	1,04881	,42817

Figura 66: Estadística de media y desviación estándar de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.47 con 10% de ceniza volante
Fuente: elaboración propia

En la figura 67 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 10% con respecto al peso del cemento disminuye la permeabilidad bajo presión de agua en 12 mm referente al patrón 39.50 mm a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación $a/c = 0.47$.

Prueba de muestras independientes											
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior	
Profundidad de penetración (mm) a los 28 días en a/c = 0.47	Se asumen varianzas iguales	,385	,549	21,909	10	,000	12,00000	,54772	10,780	13,2204	
	No se asumen varianzas iguales			21,909	9,529	,000	12,00000	,54772	10,771	13,2286	

Figura 67: Estadística de prueba t de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.47 con 10% de ceniza volante
Fuente: elaboración propia

En la figura 68 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.342 para el concreto patrón y 0.307 para concreto al 15% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
Probetas		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Profundidad de penetración (mm) a los 28 días en a/c = 0.47	Patron0%	6	39,5000	,83666	,34157
	15%CV	6	23,1667	,75277	,30732

Figura 68: Estadística de media y desviación estándar de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.47 con 15% de ceniza volante
Fuente: elaboración propia

En la figura 69 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 15% con respecto al peso del cemento disminuye la permeabilidad bajo presión de agua en 16.3 mm referente al patrón 39.50 mm a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación a/c = 0.47.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Profundidad de penetración (mm) a los 28 días en a/c = 0.47	Se asumen varianzas iguales	,204	,661	35,548	10	,000	16,33333	,45947	15,310	17,35709
	No se asumen varianzas iguales			35,548	9,890	,000	16,33333	,45947	15,308	17,35863

Figura 69: Estadística de prueba t de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.47 con 15% de ceniza volante
Fuente: elaboración propia

En la figura 70 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.494 para el concreto patrón y 0.847 para concreto al 5% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Profundidad de penetración (mm) a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	6	46,3333	1,21106	,49441
	5%CV	6	34,5000	2,07364	,84656

Figura 70: Estadística de media y desviación estándar de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.50 con 5% de ceniza volante
Fuente: elaboración propia

En la figura 71 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza a hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 5% con respecto al peso del cemento disminuye la permeabilidad bajo presión de agua en 11.8 mm referente al patrón 46.3 mm a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación $a/c = 0.50$.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Profundidad de penetración (mm) a los 28 días en a/c = 0.50	Se asumen varianzas iguales	,804	,391	12,070	10	,000	11,83333	,98036	9,6489	14,0177
	No se asumen varianzas iguales			12,070	8,055	,000	11,83333	,98036	9,5753	14,0914

Figura 71: Estadística de prueba t de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.50 con 5% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 72 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.494 para el concreto patrón y 0.477 para concreto al 10% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Profundidad de penetración (mm) a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	6	46,3333	1,21106	,49441
	10%CV	6	27,1667	1,16905	,47726

Figura 72: Estadística de media y desviación estándar permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.50 con 10% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 73 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 10% con respecto al peso del cemento disminuye la permeabilidad bajo presión de agua en 19.1 mm referente al patrón 46.3 mm a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación $a/c = 0.50$.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Profundidad de penetración (mm) a los 28 días en a/c = 0.50	Se asumen varianzas iguales	,108	,749	27,89	10	,000	19,16667	,68718	17,6355	20,6978
	No se asumen varianzas iguales			27,89	9,988	,000	19,16667	,68718	17,6353	20,6981

Figura 73: Estadística de prueba t de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.50 con 10% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 74 se observa la estadística de grupo realizada donde el error promedio es de 0.494 para el concreto patrón y 0.477 para concreto al 15% de ceniza volante.

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Profundidad de penetración (mm) a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	6	46,3333	1,21106	,49441
	15%CV	6	19,8333	1,16905	,47726

Figura 74: Estadística de media y desviación estándar de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.50 con 15% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

En la figura 75 se observa que la significancia $p = 0.000 < 0.05$, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa asimismo quiere decir que hay una diferencia significativa de medias, donde sustituyendo el cemento por ceniza volante en 15% con respecto al peso del cemento disminuye la permeabilidad bajo presión de agua en 26.5 mm referente al patrón 46.3 mm a los 28 días de concreto endurecido, para diseño de mezcla en relación a/c = 0.50.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Profundidad de penetración (mm) a los 28 días en a/c = 0.50	Se asumen varianzas iguales	,108	,749	38,563	10	,000	26,50000	,68718	24,969	28,0311
	No se asumen varianzas iguales			38,563	9,988	,000	26,50000	,68718	24,969	28,0314

Figura 75: Estadística de prueba t de permeabilidad bajo presión a los 28 días en a/c = 0.50 con 15% de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

V. DISCUSIÓN

De todos los porcentajes sustituidos de cemento por ceniza volante en 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, con 20% de ceniza alcanza mejores resultados al disminuir el volumen de vacíos o porosidad, por ende, la absorción capilar y la profundidad de penetración disminuye considerablemente, superior a 20% de carbón se eleva el porcentaje de porosidad y es importante el diseño de mezcla (Barrantes y Holguin, 2015, p. 45). La cantidad máxima utilizada en esta investigación es 15% de ceniza volante, por lo cual, se reafirma que el carbón reduce la permeabilidad considerando como la porosidad, absorción y profundidad de penetración, a medida que se aumenta los porcentajes de ceniza disminuyen los vacíos, el porcentaje óptimo de sustitución es con 10% de ceniza ya que no afecta en la resistencia a la compresión a los 28 días.

El sustituto de cemento por ceniza volante en porcentajes de 2.5%, 5%, 10%, 15% en relación con la prueba de control de 0%, disminuye su porosidad o porcentaje de vacíos de 15.9%, 15.4%, 13.7% y 12.8% respectivamente frente al patrón de 16.2%, para un concreto de diseño en relación $a/c = 0.56$ (Huaquisto y Belisario, 2018, p. 230). Asimismo, para concreto en relación a/c de 0.60 reduce la porosidad acorde al aumento de ceniza volante en 10% y 20% además la relación a/c de 0.49 tuvo el menor porcentaje de poros permeables, lo que indica que a mayor relación a/c hay más cantidad de vacíos (Escobar, 2012, p. 76). Estos datos son reafirmados con la presente investigación, ya que en todos los porcentajes sustituidos en relación $a/c = 0.47$ y 0.50 , disminuyen el porcentaje de poros logrando así que los concretos a los 28 días de ensayo sean menos permeables. Desde otro punto de vista para concretos de alta resistencia de 500 kg/cm^2 , la disminución de poros fue de 9.90%, 7.50%, 7.56%, y 7.48% frente a porcentajes de ceniza volante de 0%, 10%, 12% y 15% respectivamente, lo cual indica que no hay diferencia significativa en concretos con relación a/c menores a 0.45 (Sánchez, 2018, p. 71). Y estos son corroborados a través de este estudio que a mayor relación a/c hay más cantidad de poros permeables.

En el estudio realizado de Mariluz y Ulloa (2018), para concreto en relación $a/c = 0.56$, los resultados muestran una disminución de absorción capilar frente al patrón dentro de los 28 días de ensayo, para el concreto control la absorción fue de 7.125 mm, para 5% la absorción es 6.791 mm, para 10% la absorción es 6.154 mm y para 20% la absorción es 5.517 mm, esto implica que al aumento de ceniza volante reduce la absorción capilar, además la velocidad de absorción del patrón fue de $0.01 \text{ mm/s}^{1/2}$ que es superior a los porcentajes con ceniza 5% de $0.0093 \text{ mm/s}^{1/2}$, 10% de $0.085 \text{ mm/s}^{1/2}$ y 20% de $0.0078 \text{ mm/s}^{1/2}$ (p. 114). Lo cual es contrastado con los ensayos de este estudio para concretos en relación $a/c = 0.50$ disminuye gradualmente la absorción capilar y la velocidad de succión. Otro estudio de absorción capilar en concretos de alta resistencia de 500 kg/cm^2 , por tener diseño de mezcla en relación a/c inferior a 0.45 son concretos más densos, por lo cual, el cemento ocupa todos los espacios vacíos que al adicionar la ceniza volante no hay diferencia significativa en los resultados, los porcentajes de 0%, 10%, 12% y 15% reducen en 4.25%, 3.39%, 3.28%, y 3.35% respectivamente, detalla que la variación de ceniza volante hasta los 15% presenta datos uniformes (Sánchez, 2018, p. 70). Estos resultados son contrastados con los ensayos realizados del presente estudio, que los porcentajes sustituidos en relación $a/c = 0.47$ y 0.50 disminuyen la absorción en medidas mínimas, por tener diseño de mezcla para concretos expuestos al agua como lo detalla la RNE 0.60 de Concreto Armado

De acuerdo al ensayo de profundidad de penetración bajo presión de agua, la ceniza volante redujo las medidas referentes al patrón, para concreto 210 kg/cm^2 se obtuvo resultados de 123.5 mm en 1.5% de ceniza volante, 101 mm en 3% de ceniza volante, 68 mm en 4.5% de ceniza volante y 52.5 mm en 6% de ceniza volante en relación al patrón de 137 mm (Contreras y Peña, 2017, p. 108). Estos datos son corroborados con esta investigación que al sustituir el cemento por ceniza volante en 15% reduce de manera notable en relación $a/c = 0.50$ y en relación $a/c = 0.47$ no hay una diferencia representativa ya que es un concreto de alta densidad. Además, el coeficiente de la permeabilidad que presenta la norma de los parámetros para considerar de baja, media y alta permeabilidad, los concretos en contacto con agua deben estar en el rango de baja permeabilidad (NTC 4483, 1998, p. 2). Es así que este estudio cumple con los requerimientos, la utilización de ceniza

volante hasta 10% en relación $a/c = 0.47$ y 0.50 presenta coeficientes bajos y es considerado como concreto impermeable sin afectar la resistencia a compresión, mayores a 10% perjudican en la $f'c$.

Las fortalezas de la metodología en el enfoque cuantitativo y experimental son:

Hay mayor confiabilidad en los resultados obtenidos de los ensayos en el laboratorio, por la validación de expertos y lo primordial se rigen en las diferentes normas y referencias. Se puede comparar los resultados de la variable independiente y dependiente en diferentes tiempos así conocer los cambios que se producen respecto uno al otro. Los datos son cuantitativos ya que los indicadores miden a las dimensiones y estas a las variables, sin los datos cuantitativos no conocemos la efectividad de los resultados.

Las debilidades de la metodología son: Las personas involucradas en los ensayos del laboratorio podrían equivocarse en la medición de las variables si es así las respuestas son afectadas. La manipulación e interpretación de los resultados de forma incorrecta. Falta de economía para financiar el alto costo de la investigación. El corto tiempo de planificación afecta en la investigación, ya que el estudio experimental requiere más tiempo para abarcar un tema más amplio y completo. Las muestras son inferiores para llegar a un resultado experimental.

Lo más sobresaliente de esta investigación es que contribuye con el medio ambiente y en la construcción de estructuras expuestas al agua, el uso de ceniza volante en la construcción fue planteada hace años atrás en los países europeos y hoy es el momento de volver al pasado para mejorar el presente con el aprovechamiento de este residuo de las centrales termoeléctricas, que son altamente contaminantes al medio ambiente, sin embargo, el uso en mezclas de concreto contribuye en la vitalidad de las estructuras ya que mejora la durabilidad y resistencia. Así también, la producción de cemento emite 7% de dióxido de carbono (CO_2) considerado en la construcción el componente que más contamina al medio ambiente, la sustitución genera beneficios en costo, una bolsa de cemento cuesta un promedio de S/. 21.00 y la ceniza volante importada de 1 tonelada cuesta un promedio de S/. 4.00, sin embargo, en Perú se desecha la ceniza volante y cuan

mejor es aprovechar este material para garantizar estructuras impermeables y más resistentes, ya que el recurso hídrico es un agente perjudicial si llega penetrar en el concreto.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el efecto de la sustitución de cemento por ceniza volante del concreto 280 kg/cm^2 genera una disminución en la permeabilidad a los 28 días, donde se ha medido el porcentaje de porosidad o vacíos (%), absorción capilar (mm) y la permeabilidad bajo presión de agua (mm), obteniendo mayor relevancia en la sustitución de 10% de ceniza volante, sin mermar la resistencia a compresión del concreto.
2. Según los resultados del ensayo de porosidad o vacíos para un concreto de relación $a/c = 0.47$ se determinó que al sustituir el cemento por ceniza volante se aprecia una disminución de la porosidad en todas las sustituciones, donde a mayor ceniza se tendrá menor vacíos. Se obtiene mejores resultados en la sustitución de 5% y 10% de 1.38% y 1.37% respectivamente, respecto al patrón de 1.44%, ya que no disminuye la resistencia a la compresión en el concreto patrón. Así mismo, para un concreto de relación $a/c = 0.50$ se obtiene una reducción de 0.45% de porosidad para una sustitución de 10% respecto al patrón, sin afectar al $f'c$.
3. A partir de los resultados de absorción capilar del concreto en relación $a/c = 0.47$, se determinó que para todas las proporciones sustituidas reduce la profundidad de absorción capilar de hasta 0.9 mm, llegando a obtener resultados en el concreto patrón de 2.93 mm, para 10% de sustitución disminuye a 2.37 mm sin reducir la resistencia a compresión y para la máximo sustitución realizada de 15% reduce a 2.00 mm. Por otro lado, para concreto en relación $a/c = 0.50$ presenta mayor absorción capilar del concreto patrón en 6.07 mm por tener relación a/c superior al de 280 kg/cm^2 , los porcentajes utilizados disminuyen la medida de manera significativa hasta 2.10 mm de 15% de ceniza volante.
4. Se logró calcular la profundidad de penetración bajo presión de agua para el concreto de relación $a/c = 0.47$ con una diferencia de hasta 17 mm sin reducir

la resistencia a la compresión a los 28 días para una sustitución de 10% respecto al patrón, gracias a la discontinuidad y reducción de la red porosa; donde el concreto patrón arrojó una medida de 45 mm, para 5% de sustitución una medida de 35 mm, para 10% de sustitución una profundidad de 28 mm y para 15% de sustitución una medida de 23 mm. Además, para concreto de relación a/c = 0.50 la probeta patrón, sustitución en 5%, 10% y 15% se obtuvo una medida de 46 mm, 35 mm, 27 mm y 20 mm de profundidad respectivamente, donde se redujo una medida de 19 mm sin disminuir la resistencia a la compresión. El coeficiente de permeabilidad obtenido se encuentra dentro de media a baja permeabilidad, para un concreto de relación a/c = 0.47 se obtuvo resultados de 4.55×10^{-11} m/s, 1.56×10^{-11} m/s, 9.46×10^{-11} m/s y 7.63×10^{-11} m/s, en a/c de 0.50 se logró de 9.63×10^{-11} m/s, 3.62×10^{-11} m/s, 8.42×10^{-11} m/s y 4.65×10^{-11} m/s. Se concluye que, al sustituir el cemento por ceniza volante disminuye la profundidad de penetración y coeficiente de permeabilidad con respecto a la probeta de control, asimismo, se encuentra en los concretos de media y baja permeabilidad como rige la norma NTC 4483.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer uso de la ceniza volante como sustituto de cemento para mejorar la permeabilidad hasta un máximo de 10%, para evitar problemas con la resistencia a compresión requerida y que se someten pruebas de calidad. Al mismo tiempo, se recomienda realizar ensayos de tracción para una sustitución máxima de 10% de ceniza volante y verificar si mejora o merma dicha resistencia.

Se recomienda realizar ensayos de permeabilidad y resistencia a la compresión para concretos con sustitución de 15% de ceniza volante para edades mayores a 28 días.

Se recomienda a futuros tesisistas realizar ensayos a probetas de concreto sustituidas con cenizas volantes para concretos con resistencia a la compresión de diseño mayores a 280 kg/cm² y evaluar la influencia para dichos concretos.

Se recomienda realizar investigaciones de costo e impacto ambiental al utilizar ceniza volante como sustituto del cemento a concretos para estructuras hidráulicas que cumplan lo especificado en la NTP E-060.

Se recomienda realizar investigaciones para mejorar la resistencia a la compresión sustituyendo porcentajes iguales o mayores a 15% de ceniza volante y, obtener menor permeabilidad para el concreto.

REFERENCIAS

ARGIZ, Cristina, MNENDEZ, E. y SANJUÁN, Barbudo. Efecto de la adición de mezclas de ceniza volante y ceniza de fondo procedentes del carbón en la resistencia mecánica y porosidad de cementos Portland. Revista de Materiales de Construcción [en línea]. Enero – marzo 2013, vol. 63, no. 309. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2019]. Disponible en

<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/1275/1403> ISSN: 0465-2746

ASTM C 618 - 02. Coal Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. ASTM International, 2006. 3 pp.

ASTM C 642 – 97. Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete. ASTM International, 2006. 3 pp.

ASTM C 1585 – 04. Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes. ASTM International, 2006. 6 pp.

BALCÁZAR, Antonio y CASTILLO, Luis. Uso de cenizas volantes provenientes de calderos de lecho fluidizado en concretos autocompactantes y su influencia en la resistencia a la compresión. Tesis (Ingenieros Ambientales). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería Química, 2014. 103 pp.

BARRANTES, Jorge y HOLGUIN, Romero. Influencia del porcentaje de ceniza volante por cemento, sobre la resistencia a la compresión y absorción en la fabricación de adoquines de tránsito liviano. Tesis (Ingenieros Civiles). Trujillo: Universidad Nacional del Trujillo, Facultad de Ingeniería, 2015. 72 pp.

BELITO, Gilmar y PAUCAR, Fortunato. Influencia de agregados de diferentes procedencias y diseño de mezcla sobre la resistencia del concreto. Tesis

(Ingenieros Civiles). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, 2018. 136 pp.

BUSTAMANTE Romero, Iskra. Estudio de la colaboración entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2017, 106 pp.

CANALS, Lluís. Estudio de la aplicabilidad de las cenizas volantes, de la planta térmica de Mudunuru (India), en materiales de construcción. Tesina (bachiller en Ingeniería Civil). Barcelona: Universitat politècnica de Catalunya, 2007. 100 pp.

CARRASCO, Sergio. Metodología de la Investigación Científica. Lima. Editorial San Marcos, 2005. 474 pp.

ISBN: 9972342425

CHAN, José, SOLÍS, Romel y MORENO, Éric. Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Revista Académica Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán [en línea]. Mayo-Agosto 2003, vol. 7, no. 2. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2019].

Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/467/46770203.pdf>

ISSN: 1665-529X

CONTRERAS, Karol y PEÑA, José. Análisis de la resistencia a la compresión y permeabilidad en el concreto adicionando dosificaciones de cenizas volantes de carbón en la mezcla. Tesis (Ingenieros civiles). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2017. 194 pp.

CORTEZ, Manuel y SÁNCHEZ, Juberth. Mejoramiento en las propiedades físicas y químicas del cemento Portland tipo MS por adición de Clinker tipo v, en la sustitución de escoria BFS de alto horno. Tesis (Ingenieros civiles). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2006. 82 pp.

CELESTINO Espinoza, Jhon. Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el canal de riego Lucma progresivas (1+ 000 al 2+000) del caserío de Lucma, Distrito de Tarica, Provincia de Huaraz, Departamento Áncash – 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Huaraz: Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, Facultad de Ingeniería Civil, 2018. 175 pp.

DURÁN, Ninfa y VELÁSQUEZ, Norexi. Evaluación de la aptitud de concretos, reemplazando parcialmente el cemento portland por cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azúcar. Tesis (Ingeniero Civil). Ocaña: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Facultad de Ingeniería, 2016. 247 pp.

ESCOBAR Rojas, Armando. Efecto del uso de ceniza volante en el proceso de agrietamiento del concreto por corrosión del acero de refuerzo. Tesis (Ingeniero Civil). México: Universidad autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil, 2012. 135 pp.

GOMEZ. Sergio. Metodología de la investigación. Estado de México. Red Tercer Milenio, 2012. 88 pp.

ISBN: 9786077331490

GONZALES, Paula y MENDOZA, Isaac. Evaluación de las propiedades del concreto fresco y endurecido con el uso de las cenizas volantes como sustitución parcial del cemento en la ciudad de Arequipa. Tesis (Ingeniero Civil). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil del Ambiente, 2016. 394 pp.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6.^a ed. México. Mcgrahill/Interamericana, 2014. 600 pp.

ISBN: 9781456223960

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 5.^a ed. México. Mcgrahill/Interamericana, 2010. 613 pp.

ISBN: 9786071502919

HORSAKULTHAI, Veera y PAOPONGPAIBOON, Kittichat. Strenght. Chloride permeability and corrosion of coarse fly ash concrete with Bagasse-Rice Husk-Wood Ash additive. Article in American Journal of Applied Sciences [en línea]. Marzo de 2013, vol. 10 n.º3. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2019]. Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/304767949_Strength_chloride_permeability_and_corrosion_of_coarse_fly_ash_concrete_with_Bagasse-Rice_Husk-Wood_Ash_additive

ISSN: 1546-9269

HUAQUISTO, Samuel y BELIZARIO, Germán. Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. Revista de Investigaciones Altoandinas [en línea]. Mayo-Junio 2018, vol. 20 no. 2. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2019].

Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572018000200007&lng=es&nrm=iso

ISSN: 2313-2957

KALADHARAN, Gopakumar, GHOLIZADEH, Asghar y RAJABIPOUR, Farshad. Review, Sampling, and Evaluation of Landfilled Fly Ash. Revista ACI Materials Journal [en línea]. Julio 2019, vol. 116, no. 4. [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2019]. Disponible en

https://scholar.google.com.pe/scholar?q=Review,+Sampling,+and+Evaluation+of+Landfilled+Fly+Ash&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart

ISSN: 0889-325X

LÉCTOR, Michael y VILLAREAL, Edson. Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de Nuevo Chimbote. Tesis (Ingenieros Civiles). Nuevo Chimbote: Universidad Nacional de Santa, 2017. 173 pp.

MARILUZ, Milagros y ULLOA, Javier. Uso de las cenizas volantes de carbón excedentes de la central termoeléctrica Ilo 21 – Moquegua como adición para mejorar las propiedades del concreto: Resistencia a la compresión, absorción, manejabilidad y temperatura. Tesis (Ingenieros Civiles). Nuevo Chimbote: Universidad Nacional de Santa, Facultad de Ingeniería, 2018. 212 pp.

MOLINA, Omar, MORAGUES, Amparo y GÁLVEZ, Jaime. La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial de cemento Pórtland en la durabilidad del hormigón: propiedades físicas, difusión de ion cloruro y dióxido de carbono. Artículo de análisis de mecánica de fractura [en línea]. 5 de marzo 2008. [Fecha de consulta: 05 de octubre 2019]. Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/45315694_La_influencia_de_las_cenizas_volantes_como_sustituto_parcial_del_cemento_Portland_en_la_durabilidad_del_hormigon_propiedades_fisicas_difusion_del_ion_cloruro_y_del_dioxido_de_carbono

ISSN: 0213-3725

MOLINA, Omar. La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento Pórtland en la durabilidad del hormigón. Tesis (Ingeniero Civil). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2008. 310 pp.

MORENO Vásquez, Antony. Implementación del método de presión para medir la permeabilidad en el concreto. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2015. 171 pp.

NEVILLE, Adam. Tecnología de concreto. Colonia Florida. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C, 1999. 612 pp.

ISBN: 9684640927

NIÑO, Victor. Metodología de la Investigación. Bogotá. Edicopnes la U, 2011. 156 pp.

ISBN:

9789588675947

Norma Técnica Colombiana NTC 4483. Método de ensayo para determinar la permeabilidad de concreto. Ingeniería Civil y Arquitectura, 1998, 9 pp.

NOVAK, P, MOFFAT, A. y NALLURI, C. Estructuras hidráulicas. 2.^a ed. Bogotá. McGraw Interamericana S. A, 2001, 601 pp.

OZYILDIRIM, Celik y ZEGETOSKY, Caroline. Laboratory Investigation of Nanomaterials to improve the Permeability and Strength Of Concrete. Virginia Transportation Research Council [en línea]. 01 de febrero de 2010. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2019].

Disponible en http://www.virginiadot.org/vtrc/main/online_reports/pdf/10-r18.pdf

PALELLA, Santa y MARTINS, Feliberto. Metodología de la investigación cuantitativa. 2.^a ed. Caracas. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 2006. 252 pp.

ISBN: 9802734454

PATIÑO, Cristhian y VENEGAS, Edimar. Análisis de las propiedades físico – mecánicas de un concreto elaborado con ceniza volante en porcentajes de 10%, 20% y 30% en sustitución parcial del cemento. Tesis (Ingenieros Civiles). Cusco: Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2017. 221 pp.

PÉREZ Atoche, Jafet. Influencia de la ceniza volante “fly ash” como sustituto parcial del cemento portland IP en las propiedades del concreto $f'c=210$ kg/cm². Tesis (Ingeniero Civil). Juliaca: Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2018. 206 pp.

Perú: Consumo de Carbón [en línea]. The Global Economy.com. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2019].

Disponible en https://es.theglobaleconomy.com/Peru/coal_consumption/

PITRODA, Jayeshkumar. Evaluation of Sorptivity and Water Absorption of Concrete with Partial Replacement of Cement by Thermal Industry waste (Fly Ash).

International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) [en línea]. Enero 2013, col. 2, no. 7. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2019].
Disponible en http://www.ijeit.com/vol%202/Issue%207/IJEIT1412201301_45.pdf
ISSN: 2277-3754

POLONSKÁ, Adéla, et al. Proprieties of Czech deposited high temperatura fly ash. Czech technical University in Prague [en línea]. 1 de septiembre 2019, no. 3. [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2019].

Disponible en

<http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=571f84b2-9ba6-43a7-a583-563ee55bfb1a%40sessionmgr4006&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=138840173&db=eih>

ISSN: 1212-7779

PRADIP, Nath y PRADIP, Sarker. Effect of Fly Ash on the Duribility Propriets of High Strenght Concrete. Revista de Ingeniería de Procedimientos [en línea]. Mayo 2011, vol. 14. [Fecha de conculta: 05 de octubre de 2019].

Disponible

en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811012215>

ISSN:

1877-7058

RODRIGUEZ Santiago, Jesús. El empleo de las ceniza volantes en la fabricación de los hormigones. Revista de obras públicas [en línea]. Julio 1988, vol. 135. No. 3270. [fecha de consulta: 05 de octubre de 2019]. Disponible en

http://ropdigital.ciccp.es/detalle_articulo.php?registro=2342&anio=1988&numero_revista=3270

ISSN: 0034-9619

ROMERO, Andrés y HERNÁNDEZ, Johan. Diseño de mezclas de hormigón por el método A.C.I y efectos de la adición de cenizas volantes de Termotasajero en la

resistencia a la compresión. Tesis (Ingenieros Civiles). Bogotá: Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil, 2014. 154 pp.

SÁNCHEZ, Víctor. Determinación de las características físico-mecánicas de un concreto de alta resistencia de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ con adición de ceniza volante. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2018. 175 pp.

SANTAELLA Valencia, Luz. Características física, química y mineralógica de las cenizas volantes. Revista de ciencia e ingeniería neogranadina [en línea]. Julio 2001, no. 10. [Fecha de consulta: 08 de octubre 2019].

Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/911/91101007.pdf>

ISSN: 0124-8170

SILVA, Yimmy y DELVASTO, Silvio. Concreto autocompactante con diferentes niveles de ceniza volante y escoria de combustión de carbón. Revista Colombiana de Materiales [en línea]. 2014, no. 5. [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2019].

Disponible en

<https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/materiales/article/view/19249/16535>

ISSN: 2256-1013

TAGLE, Claudia. Análisis comparativo de las propiedades físico – mecánicas de un mortero patrón; y un mortero sustituyendo el peso del cemento con ceniza volante en porcentajes de 5%, 10%, y 15%, elaborado con agregados de **Cunyac** y Pisac -Cusco 2017. Tesis (Ingeniero Civil). Cusco: Universidad Andina de Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2019. 198 pp.

VALDERRAMA, Claudia, TORRES, Janneth y MEJÍA, Ruby. Características de desempeño de un concreto adicionado con cenizas volantes alto nivel de inquemado. Revista Ingeniería e Investigación [en línea]. 1 abril 201, vol. 31 n.º 1. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2019].

Disponible en

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingevin/article/view/20519/21562> ISSN:
2248-8723

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de Investigación Científica: Cuantitativa, Cualitativa y Mixta. Lima. Editorial San Marcos E.I.R.L, 2002. 495 pp.

ISBN: 9786123028787

VALDEZ, Pedro et al. Concretos fluidos con altos volúmenes de ceniza volante. Revista científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León [en línea]. Enero-marzo 2007, vol. X, No. 1. [Fecha de consulta: 07 de octubre de 2019].

Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/402/40210112.pdf>

ISSN: 1405-9177

VALENTINI, Luca, et al. Use of nanocomposites as permeability reducing admixtures. Revist of the American Ceramic Society [en línea]. 23 de marzo de 2018, vol. 101. No. 9. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2019].

Disponible en <https://ceramics.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jace.15548>

VELÁSQUEZ, Leonardo et al. Remoción de carbón inquemado de las cenizas volantes producidas en el proceso de combustión de carbón. Revista del Instituto de Energía, Facultad de minas de la Universidad Nacional de Colombia [en línea]. Diciembre 2007, No. 38. [Fecha de consulta: 8 de octubre de 2019].

Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/energetica/article/view/9508>

ISSN: 0120-9833

ANEXOS

Anexos 01: Instrumentos de recolección de datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Autores: Chuquihuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier

Título: "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad de concreto 280 kg/cm² para estructura hidráulicas, Lima - 2020"

Variable Independiente: Ceniza Volante

Dimensión: Composición química y física

Indicador: Composición química, física de ceniza volante y cemento

Composición química

Parámetro	CV %	Cemento Andino %
SiO ₂		
Al ₂ O ₃		
Fe ₂ O ₃		
CaO		
MgO		
Na ₂ O		
K ₂ O		
SO ₃		

Propiedades físicas

Densidad (g/cm³)
Tamaño de partícula (μm)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Autores: Chuquihuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier

Título: "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad de concreto 280 kg/cm² para estructura hidráulicas, Lima - 2020"

Variable Independiente: Ceniza Volante

Dimensión: Dosificación de concreto

Indicador: Granulometría de agregados

MATERIAL

PESO INICIAL HUMEDO (g)

PESO INICIAL SECO (g)

CANTERA:

% de humedad =

Modulo de finura =

	MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSO # 67
			(g)	(%)	Retenido	Pasa	
	2"						
	1 1/2"						
	1"						
	3/4"						
	1/2"						
	3/8"						
	Nº 4						
	Nº 8						
	Nº 16						
	FONDO						



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Autores: Chuquihuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier

Título: "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad de concreto 280 kg/cm² para estructura hidráulicas, Lima - 2020"

Variable Independiente: Ceniza Volante

Dimensión: Dosificación de concreto

Indicador: Peso unitario de agregados

MATERIAL : AGREGADO FINO : TRAPICHE

MUESTRA Nº	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g		
2	Peso del Molde	g		
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g		
4	Volumen del Molde	cm ³		
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cm ³		

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cm ³		
--------------------------------------	-------------------	--	--

MUESTRA Nº	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g		
2	Peso del Molde	g		
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g		
4	Volumen del Molde	cm ³		
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cm ³		

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cm ³		
--	-------------------	--	--



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Autores: Chuquiharaca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier

Título: "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad de concreto 280 kg/cm² para estructura hidráulicas, Lima - 2020"

Variable Independiente: Ceniza Volante

Dimensión: Dosificación de concreto

Indicador: Resistencia a compresión

Resistencia a compresión

Probetas	f'c diseño (280kg/cm ²)	Area (cm ²)	Fuerza máxima (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia promedio (%)
----------	-------------------------------------	-------------------------	-------------------------------------	--	--	--------------------------	--------------------------

a/c = 0.47

Patrón 0%							
Patrón 0%							
Patrón 0%							
5% CV							
5% CV							
5% CV							
10% CV							
10% CV							
10% CV							
15% CV							
15% CV							
15% CV							

Probetas	f'c diseño (280kg/cm ²)	Área (cm ²)	Fuerza máxima (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia promedio (%)
----------	-------------------------------------	-------------------------	-------------------------------------	--	--	--------------------------	--------------------------

a/c = 0.5

Patrón 0%							
Patrón 0%							
Patrón 0%							
5% CV							
5% CV							
5% CV							
10% CV							
10% CV							
10% CV							
15% CV							
15% CV							
15% CV							



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Autores: Chuquihuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier

Título: "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad de concreto 280 kg/cm² para estructura hidráulicas, Lima - 2020"

Variable Dependiente: Permeabilidad

Dimensión: Espacios vacíos o porosidad

Indicador: Volumen de vacíos y densidad

	A	B	C	D
Probetas	Peso seco (g)	Peso saturado después de la inmersión (g)	Peso saturado después del hervido (g)	Peso aparente sumergido (g)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Propiedad	Probetas	Valor	Promedio
Absorción después de la inmersión (%)			
Absorción después de la inmersión y ebullición (%)			
Densidad seca (g/cm ³)			
Densidad aparente después de la inmersión (g/cm ³)			
Densidad aparente después de la inmersión y la ebullición (g/cm ³)			
Densidad aparente (g/cm ³)			
Volumen de poros permeables (%)			

Probeta	Masa (g)	Ø-1 mm	Ø-2 mm	Diámetro		Promedio mm	e-1 mm	e-2 mm	Espesor		Promedio mm	Área (mm ²)	VOLUMEN (mm ³)	Densidad (g/cm ³)	Promedio (g/cm ³)
				Ø-3 mm	Ø-4 mm				e-3 mm	e-4 mm					
P-1															
P-2															
P-3															
P-4															
P-5															
P-6															

M/H/D	Tiempo		Probeta	Masa (g)	Δ masa (g)	(mm)	Absorción		M/H/D	Tiempo		Probeta	Masa (g)	Δ masa (g)	(mm)	Absorción	
	Seg.	s ^{1/2}					Promedio (g/s)	ΣΔ		Seg.	s ^{1/2}					Promedio (g/s)	ΣΔ
0	0	0.0	P-1						5 horas	18000	134.2	P-1					
			P-2									P-2					
			P-3									P-3					
			P-4									P-4					
			P-5									P-5					
			P-6									P-6					
1 min	60	7.7	P-1						6 horas	21600	147.0	P-1					
			P-2									P-2					
			P-3									P-3					
			P-4									P-4					
			P-5									P-5					
			P-6									P-6					
5 min	300	17.3	P-1						1 día	86400	293.9	P-1					
			P-2									P-2					
			P-3									P-3					
			P-4									P-4					
			P-5									P-5					
			P-6									P-6					
10 min	600	24.5	P-1						2 días	172800	415.7	P-1					
			P-2									P-2					
			P-3									P-3					
			P-4									P-4					
			P-5									P-5					
			P-6									P-6					
20 min	1200	34.6	P-1						3 días	259200	509.1	P-1					
			P-2									P-2					
			P-3									P-3					
			P-4									P-4					
			P-5									P-5					
			P-6									P-6					
30 min	1800	42.4	P-1						4 días	345600	587.9	P-1					
			P-2									P-2					
			P-3									P-3					
			P-4									P-4					
			P-5									P-5					
			P-6									P-6					
60 min	3600	60.0	P-1						5 días	432000	657.3	P-1					
			P-2									P-2					
			P-3									P-3					
			P-4									P-4					
			P-5									P-5					
			P-6									P-6					
2 horas	7200	84.9	P-1						6 días	518400	720.0	P-1					
			P-2									P-2					
			P-3									P-3					
			P-4									P-4					
			P-5									P-5					
			P-6									P-6					
3 horas	10800	103.9	P-1						7 días	604400	777.4	P-1					
			P-2									P-2					
			P-3									P-3					
			P-4									P-4					
			P-5									P-5					
			P-6									P-6					
4 horas	14400	120.0	P-1						8 días	691200	831.4	P-1					
			P-2									P-2					
			P-3									P-3					
			P-4									P-4					
			P-5									P-5					
			P-6									P-6					



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Autores: Chuquiharaca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier

Título: "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad de concreto 280 kg/cm² para estructura hidráulicas, Lima - 2020"

Variable Dependiente: Permeabilidad

Dimensión: Permeabilidad bajo presión de agua

Indicadores: Profundidad de penetración y coeficiente de permeabilidad

Diseño : 0.47 - 5% Ceniza Volante
aplicado : 0.5 Mpa
Tiempo : 4 días

Probetas	Longitud de la muestra	Area transversal	Tiempo de ensayo	Porosidad	Profundidad de penetración máxima	Coefficiente de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad promedio
	(m)	(m ²)	(s)	(%)	(m)	(m/s)	(m/s)
	a/c = 0.47						
1							
2							
3							
4							
5							
6							

k = coeficiente de permeabilidad en m/s
D = profundidad de penetración en m
T = tiempo para penetrar en días en s
h = cabeza de presión en m
v = porosidad abierta al agua ASTM C - 642

$$K = \frac{*}{2}$$

Anexo 02: Matriz de consistencia

SUSTITUCIÓN DE CEMENTO POR CENIZA VOLANTE Y SU EFECTO EN LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO 280 KG/CM ² PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, LIMA - 2020.								
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	UNIDADES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE					
¿Qué efecto causará la sustitución de cemento por ceniza volante en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020?	Determinar el efecto de sustitución de cemento por ceniza volante en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020	La sustitución de cemento por ceniza volante reduce la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020	Ceniza volante	Composición química y física	Composición química y física de ceniza volante	Norma ASTM C - 618 (Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete). Espectroscopia de fluorescencia de rayos X	(%)	DISEÑO: Experimental
				Composición química y física de cemento portland	Especificaciones técnicas de cemento Portland Tipo I (Cemento Andino)	(%)	TIPO: Aplicada	
				Dosificación de concreto en a/c 0.47 y 0.5	Agregados grueso y fino	Norma ASTM C - 136 (Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates) NTP 400.012:2001 (Análisis granulométrico de agregado fino, grueso y global)	Und	NIVEL: Correlacional
				Diseño de mezcla	Método ACI 211.1	Und	ENFOQUE: Cuantitativo	
				Resistencia a compresión	ASTM C-39/ NTP 339.034-11	kg/cm ²		
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICOS	Ceniza a volante					
¿La sustitución de cemento por ceniza volante reducirá los espacios vacíos o porosidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020?	Determinar en que porcentaje la sustitución de cemento por ceniza volante reduce los espacios vacíos o porosidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020	Sustitución de cemento por ceniza volante reduce los espacios vacíos o porosidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020	Permeabilidad	Espacios vacíos o porosidad	Volumen de vacíos	Norma ASTM C 642 - 97 (Density, absorption, and voids in hardened concrete) NTP 339.187 (%)	(%)	POBLACION: Concretos 280 kg/cm ²
				Densidad	Norma ASTM C 642 - 97 (Density, absorption, and voids in hardened concrete) NTP 339.187	(g/cm ³)	MUESTRA: 48 probetas para compresión y 48 probetas para permeabilidad	
¿La sustitución de cemento por ceniza volante disminuirá la absorción capilar del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020?	Determinar en que medida, la sustitución de cemento por ceniza volante disminuye la absorción capilar del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020	Sustitución de cemento por ceniza volante disminuye la absorción capilar del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020	Permeabilidad	Absorción capilar	Velocidad de absorción	NORMA ASTM C 1585 -04 (Measurement of rate of absorption of water hydraulic cement concretes) NTP 334.089	(mm/s ^{1/2})	MUESTREO: No probabilístico
				Absorción por capilaridad	NORMA ASTM C 1585 -04 (Measurement of rate of absorption of water hydraulic cement concretes) NTP 334.089	(mm)		
¿La sustitución de cemento por ceniza volante reducirá la permeabilidad bajo presión de agua del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020?	Calcular en que medida, la sustitución de cemento por ceniza volante reduce en la permeabilidad bajo presión de agua del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020	Sustitución de cemento por ceniza volante reduce la permeabilidad bajo presión de agua del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020	Permeabilidad bajo presión de agua	Permeabilidad bajo presión de agua	Coefficiente de permeabilidad	NTC 4483 Ensayo de permeabilidad	(m/s)	
				Profundidad de penetración	NTC 4483 Ensayo de permeabilidad	(mm)		

Anexo 03: Fichas de validación

Apellido y Nombre del experto: Ing. Elmer Moreno Huaman

Fecha: 29/09/20

Título del proyecto de investigación:

“SUSTITUCIÓN DE CEMENTO POR CENIZA VOLANTE Y SU EFECTO EN LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, LIMA – 2020”

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar a cada una de los instrumentos de medición marcando con una (X) en las columnas deficiente, aceptable y excelente, así mismo le exhortamos en la corrección de los instrumentos indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las siguientes.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Inndicadores	Escala de medición	Unidades	Deficiente	Aceptable	Excelente
Variable independiente: Ceniza volante	Fly Ash es un producto o material de naturaleza fina que se obtiene de la incineración de carbono en centrales térmicas como fuente de energía y calor. Además, la composición dependerá de la clase de carbón, su lugar de procedencia y tipo de proceso de combustión (Polonská et al, 2019, p. 268).	“La CV cementoso más utilizado en la producción de hormigón, ya que mejora la durabilidad y sostenibilidad sin aumentar su costo” (Kaladharan, Vayghan y Rajabipour, 2019, p. 113). En esta investigación se sustituye el porcentaje de 0%, 5%, 10% y 15% de la cantidad total de cemento portland tipo I	Composición química y física	Composición química y física de ceniza volante	Norma ASTM C - 118 (Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete). Espectroscopia de fluorescencia de rayos X	(%)		✓	
				Composición química y física de cemento portland	Especificaciones técnicas de cemento Portland Tipo I (Cemento Andino)	(%)		✓	
			Dosificación de concreto 280 kg/cm2 en a/c 0.47 y 0.5	Agregados grueso y fino	Norma ASTM C - 136 (Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates) NTP 400.012:2001 (Análisi granulométrico de agregado fino, grueso y global)	(%)		✓	
				Diseño de mezcla	Método ACI 211.1	(%)		✓	
				Resistencia a compresión	ASTM C-39/ NTP 339.034-11	kg/cm2		✓	

VARIABLE	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Unidades	Deficiente	Aceptable	Excelente
Variable dependiente: Permeabilidad	Según Moreno (2015), define "la permeabilidad es la capacidad que tiene un material de permitir que un flujo lo atraviese sin alterar su estructura interna" (p. 9).	La penetrabilidad de agua en el concreto depende de la temperatura, a/c y la cantidad de vacíos, además está relacionada con la duración del concreto, se mitiga reduciendo la permeabilidad disminuyendo la filtración de agua en la red de poros, con uso de materiales impermeabilizantes (Valintini, 2018, p. 4275).	Espacios vacíos o porosidad	Volumen de vacíos	Norma ASTM C 642 - 97 (Density, absorption, and voids in hardened concrete) NTP 339.187	(%)		✓	
				Densidad	Norma ASTM C 642 - 97 (Density, absorption, and voids in hardened concrete) NTP 339.187	(Mg/m ³)		✓	
			Absorción	Velocidad de absorción	NORMA ASTM C 1585 -04 (Measurement of rate of absorption of water hydraulic cement concretes) NTP 334.089	(mm/s)		✓	
				Absorción por capilaridad	NORMA ASTM C 1585 -04 (Measurement of rate of absorption of water hydraulic cement concretes) NTP 334.089	(mm)		✓	
			Permeabilidad bajo presión de agua	Coefficiente de permeabilidad	NTC 4483 Ensayo de permeabilidad	(m/s)		✓	
				Profundidad de penetración	NTC 4483 Ensayo de permeabilidad	(mm)		✓	

OBSERVACIONES Y/O SUGERENCIAS

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Elmer Moreno Huaman
CIP N° 210406, como docente de escuela profesional de Ingeniería Civil. Por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación del instrumento y los efectos de su aplicación al personal que estudia el proyecto de investigación titulado:

"SUSTITUCIÓN DE CEMENTO POR CENIZA VOLANTE Y SU EFECTO EN LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, LIMA - 2020"

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones en el siguiente recuadro:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia de los indicadores		/	
Viabilidad de instrumentos		//	
Unidades de medida		//	
Confiabilidad del instrumento		//	
Total		//	

Lima, 29 de Septiembre del 2020.

MTL GEOTECNIA S.A.C.
Rubrica: Concreto Asfalto

Elmer Moreno Huaman
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 210406

Firma del validador
DNI: 44354559

Apellido y Nombre del experto: Luna Mejía Marino

 Fecha: 29/09/20

Título del proyecto de investigación:

“SUSTITUCIÓN DE CEMENTO POR CENIZA VOLANTE Y SU EFECTO EN LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, LIMA – 2020”

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar a cada una de los instrumentos de medición marcando con una (X) en las columnas deficiente, aceptable y excelente, así mismo le exhortamos en la corrección de los instrumentos indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las siguientes.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Unidades	Deficiente	Aceptable	Excelente
Variable independiente: Ceniza volante	Fly Ash es un producto o material de naturaleza fina que se obtiene de la incineración de carbono en centrales térmicas como fuente de energía y calor. Además, la composición dependerá de la clase de carbón, su lugar de procedencia y tipo de proceso de combustión (Polonská et al, 2019, p. 268).	“La CV cementoso más utilizado en la producción de hormigón, ya que mejora la durabilidad y sostenibilidad sin aumentar su costo” (Kaladharan, Vayghan y Rajabipour, 2019, p. 113). En esta investigación se sustituye el porcentaje de 0%, 5%, 10% y 15% de la cantidad total de cemento portland tipo I	Composición química y física	Composición química y física de ceniza volante	Norma ASTM C - 118 (Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete). Espectroscopia de fluorescencia de rayos X	(%)		✓	
				Composición química y física de cemento portland	Especificaciones técnicas de cemento Portland Tipo I (Cemento Andino)	(%)		✓	
			Dosificación de concreto 280 kg/cm2 en a/c 0.47 y 0.5	Agregados grueso y fino	Norma ASTM C - 136 (Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates) NTP 400.012:2001 (Análisis granulométrico de agregado fino, grueso y global)	(%)		✓	
				Diseño de mezcla	Método ACI 211.1	(%)		✓	
				Resistencia a comprensión	ASTM C-39/ NTP 339.034-11	kg/cm2		✓	

VARIABLE	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Unidades	Deficiente	Aceptable	Excelente
Variable dependiente: Permeabilidad	Según Moreno (2015), define "la permeabilidad es la capacidad que tiene un material de permitir que un flujo lo atraviese sin alterar su estructura interna" (p. 9).	La penetrabilidad de agua en el concreto depende de la temperatura, a/e y la cantidad de vacíos, además está relacionada con la duración del concreto, se mitiga reduciendo la permeabilidad disminuyendo la filtración de agua en la red de poros, con uso de materiales impermeabilizantes (Valintini, 2018, p. 4275).	Espacios vacíos o porosidad	Volumen de vacíos	Norma ASTM C 642 - 97 (Density, absorption, and voids in hardened concrete) NTP 339.187	(%)		✓	
				Densidad	Norma ASTM C 642 - 97 (Density, absorption, and voids in hardened concrete) NTP 339.187	(Mg/m ³)		✓	
			Absorción	Velocidad de absorción	NORMA ASTM C 1585 -04 (Measurement of rate of absorption of water hydraulic cement concretes) NTP 334.089	(mm/s)		✓	
				Absorción por capilaridad	NORMA ASTM C 1585 -04 (Measurement of rate of absorption of water hydraulic cement concretes) NTP 334.089	(mm)		✓	
			Permeabilidad bajo presión de agua	Coefficiente de permeabilidad	NTC 4483 Ensayo de permeabilidad	(m/s)		✓	
				Profundidad de penetración	NTC 4483 Ensayo de permeabilidad	(mm)		✓	

OBSERVACIONES Y/O SUGERENCIAS

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Luna Mejía Marino
CIP N° 64421, como docente de escuela profesional de Ingeniería Civil. Por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación del instrumento y los efectos de su aplicación al personal que estudia el proyecto de investigación titulado:

"SUSTITUCIÓN DE CEMENTO POR CENIZA VOLANTE Y SU EFECTO EN LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO 280 KG/CM² PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, LIMA – 2020"

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones en el siguiente recuadro:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia de los indicadores		✓	
Viabilidad de instrumentos		✓	
Unidades de medida		✓	
Confiabilidad del instrumento		✓	
Total		✓	

Lima, 24 de Septiembre del 2020.

Marino Luna Mejía
Firma del validador
DNI: 10145720

Apellido y Nombre del experto: Ingr. Yesenia Cuba Barraza

 Fecha: 29/09/20
Título del proyecto de investigación:

“SUSTITUCIÓN DE CEMENTO POR CENIZA VOLANTE Y SU EFECTO EN LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO 280 KG/CM² PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, LIMA – 2020”

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar a cada una de los instrumentos de medición marcando con una (X) en las columnas deficiente, aceptable y excelente, así mismo le exhortamos en la corrección de los instrumentos indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las siguientes.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Unidades	Deficiente	Aceptable	Excelente
Variable independiente: Ceniza volante	Fly Ash es un producto o material de naturaleza fina que se obtiene de la incineración de carbono en centrales térmicas como fuente de energía y calor. Además, la composición dependerá de la clase de carbón, su procedencia y tipo de proceso de combustión (Polonská et al, 2019, p. 268).	“La CV cementoso más utilizado en la producción de hormigón, ya que mejora la durabilidad y sostenibilidad sin aumentar su costo” (Kaladharan, Vayghan y Rajabipour, 2019, p. 113). En esta investigación se sustituye el porcentaje de 0%, 5%, 10% y 15% de la cantidad total de cemento portland tipo I	Composición química y física	Composición química y física de ceniza volante	Norma ASTM C - 118 (Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete). Espectroscopia de fluorescencia de rayos X	(%)		/	
				Composición química y física de cemento portland	Especificaciones técnicas de cemento Portland Tipo I (Cemento Andino)	(%)		/	
			Dosificación de concreto 280 kg/cm ² en a/c 0.47 y 0.5	Agregados grueso y fino	Norma ASTM C - 136 (Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates) NTP 400.012:2001 (Análisis granulométrico de agregado fino, grueso y global)	(%)		/	
				Diseño de mezcla	Método ACI 211.1	(%)		/	
				Resistencia a compresión	ASTM C-39/ NTP 339.034-11	kg/cm ²		/	

VARIABLE	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Unidades	Deficiente	Acceptable	Excelente
Variable dependiente: Permeabilidad	Según Moreno (2015), define "la permeabilidad es la capacidad que tiene un material de permitir que un flujo lo atraviese sin alterar su estructura interna" (p. 9).	La penetrabilidad de agua en el concreto depende de la temperatura, a/c y la cantidad de vacíos, además está relacionada con la duración del concreto, se mitiga reduciendo la permeabilidad disminuyendo la filtración de agua en la red de poros, con uso de materiales impermeabilizantes (Valintini, 2018, p. 4275).	Espacios vacíos o porosidad	Volumen de vacíos	Norma ASTM C 642 - 97 (Density, absorption, and voids in hardened concrete) NTP 339.187	(%)		✓	
				Densidad	Norma ASTM C 642 - 97 (Density, absorption, and voids in hardened concrete) NTP 339.187	(Mg/m ³)		✓	
			Absorción	Velocidad de absorción	NORMA ASTM C 1585 -04 (Measurement of rate of absorption of water hydraulic cement concretes) NTP 334.089	(mm/s)		✓	
				Absorción por capilaridad	NORMA ASTM C 1585 -04 (Measurement of rate of absorption of water hydraulic cement concretes) NTP 334.089	(mm)		✓	
			Permeabilidad bajo presión de agua	Coefficiente de permabilidad	NTC 4483 Ensayo de permabilidad	(m/s)		✓	
				Profundidad de penetración	NTC 4483 Ensayo de permabilidad	(mm)		✓	

OBSERVACIONES Y/O SUGERENCIAS

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Yesenia Cuba Barraza
CIP N° 115803 como docente de escuela profesional de Ingeniería Civil. Por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación del instrumento y los efectos de su aplicación al personal que estudia el proyecto de investigación titulado:

"SUSTITUCIÓN DE CEMENTO POR CENIZA VOLANTE Y SU EFECTO EN LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO 280 KG/CM² PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, LIMA – 2020"

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones en el siguiente recuadro:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia de los indicadores		✓	
Viabilidad de instrumentos		✓	
Unidades de medida		✓	
Confiabilidad del instrumento		✓	
Total			

Lima, 29 de Septiembre del 2020.

MTL. GEOTECNIA SAC
SUELOS CONCRETO ASFALTO

YESENIA CUBA BARRAZA
INGENIERO CIVIL
CIP 115803

Firma del validador
DNI: 42727949

Anexo 04: Certificado de calibración de presa de concreto



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-1597-2020

PROFORMA : 2543A

Fecha de emisión : 2020 - 07 - 30

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **PRESA DE CONCRETO**
Marca : FORNEY
Marca del indicador : ELE Internacional
Modelo del indicador : ADR TOUCH
N° Serie del indicador : 1887-1-00074
Intervalo de indicación : 120000 kgf
Resolución : 0,1 kgf
Procedencia : United States
Código de Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio
Fecha de Calibración : 2020 - 07 - 28

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 "Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga".

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	19,5°C	20,5°C
HUMEDAD RELATIVA	62,0%	65,0%

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

(01) 252 9536
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC-1597-2020

PROFORMA : 2543A Fecha de emisión : 2020 - 07 - 30 Página : 1 de 2

SOLICITANTE : **MTL GEOTECNIA S.A.C.**
Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **PRENSA DE CONCRETO**
 Marca : FORNEY
 Marca del indicador : ELE Internacional
 Modelo del indicador : ADR TOUCH
 N° Serie del indicador : 1887-1-00074
 Intervalo de indicación : 120000 kgf
 Resolución : 0,1 kgf
 Procedencia : United States
 Código de Identificación : No Indica
 Ubicación : Laboratorio
 Fecha de Calibración : 2020 - 07 - 28

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

METODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 "Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga".

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	19,5°C	20,5°C
HUMEDAD RELATIVA	62,0%	65,0%

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316



Anexo 05: Certificado de calibración de balanza



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 4372 - 2020

PROFORMA : 1696A Fecha de emisión : 2020-05-25

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección : CAL LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : DENVER INSTRUMENT
Modelo : AA-250
N° de Serie : B032815
Capacidad Máxima : 220 g
Resolución : 0,0001 g
División de Verificación : 0,001 g
Clase de Exactitud : I
Capacidad Mínima : 0,1 g
Procedencia : U.S.A.
N° de Parte : No Indica
Identificación : No Indica
Ubicación : LABORATORIO
Variación de ΔT Local : 5 °C
Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PG-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Certificado de Calibración
TC - 4372 - 2020

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-140-2019 Mayo 2019

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

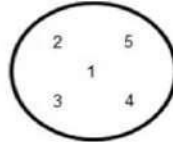
ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,0 °C	22,0 °C
Humedad Relativa	64 %	64 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	110,0000	110,0018	-	1,8	1	220,0000	220,0020	-	2,0
2		110,0016	-	1,6	2		220,0019	-	1,9
3		110,0016	-	1,6	3		220,0016	-	1,6
4		110,0018	-	1,8	4		220,0016	-	1,6
5		110,0016	-	1,6	5		220,0018	-	1,8
6		110,0016	-	1,6	6		220,0016	-	1,6
7		110,0016	-	1,6	7		220,0018	-	1,8
8		110,0018	-	1,8	8		220,0016	-	1,6
9		110,0018	-	1,8	9		220,0018	-	1,8
10		110,0018	-	1,8	10		220,0017	-	1,7
| Emáx - Emin | (mg)				0,2	| Emáx - Emin | (mg)				0,4
error máximo permitido (±mg)				2,0	error máximo permitido (±mg)				3,0



Certificado de Calibración
TC - 4372 - 2020



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,1 °C	22,1 °C
Humedad Relativa	64 %	64 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec				e.m.p. (±mg)	
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)		Ec (mg)
1	0,0100	0,0100	-	0,0	70,0000	70,0015	-	1,5	1,5	2,0
2		0,0100	-	0,0		70,0015	-	1,5	1,5	
3		0,0100	-	0,0		70,0016	-	1,6	1,6	
4		0,0100	-	0,0		70,0018	-	1,8	1,8	
5		0,0100	-	0,0		70,0015	-	1,5	1,5	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,2 °C	22,3 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,0100	0,0100	-	0,0						
0,1000	0,1000	-	0,0	0,0	0,1000	-	0,0	0,0	1,0
1,0000	1,0000	-	0,0	0,0	1,0000	-	0,0	0,0	1,0
10,0000	9,9999	-	-0,1	-0,1	9,9999	-	-0,1	-0,1	1,0
50,0001	50,0016	-	1,5	1,5	50,0018	-	1,7	1,7	1,0
70,0001	70,0015	-	1,4	1,4	70,0012	-	1,1	1,1	2,0
100,0003	100,0016	-	1,3	1,3	100,0012	-	0,9	0,9	2,0
110,0003	110,0011	-	0,8	0,8	110,0006	-	0,3	0,3	2,0
150,0004	150,0016	-	1,2	1,2	150,0018	-	1,4	1,4	2,0
200,0004	200,0013	-	0,9	0,9	200,0013	-	0,9	0,9	2,0
220,0004	220,0012	-	0,8	0,8	220,0010	-	0,6	0,6	3,0

Donde:

I : Indicación de la balanza
R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)
ΔL : Carga adicional
E : Error del instrumento
Eo : Error en cero
Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

$$\text{Lectura Corregida} : R_{\text{corregida}} = R - 9,80 \times 10^{-8} \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} : U_R = 2 \times \sqrt{4,29 \times 10^{-8} \text{ g}^2 + 2,10 \times 10^{-10} \times R^2}$$

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 220,0121 g para una carga de valor nominal 220 g.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



Anexo 06: Certificado de calibración del horno



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 4371 - 2020

PROFORMA : 1698A

Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27

Página : 1 de 5

SOLICITANTE: MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

EQUIPO : HORNO
Marca : GEMMY
Modelo : YC0-010
N° de Serie : 510847
Tipo de Ventilación : Turbulencia
Procedencia : ALEMANIA
Identificación : NO INDICA
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMÓMETRO DIGITAL
Marca : No Indica
Alcance : 1°C a 250°C
Resolución : 1 °C
TIPO DE CONTROLADOR : DIGITAL
Marca : No Indica
Alcance : 1°C a 250°C
Resolución : 1 °C
Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25
Ubicación : LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isoterms con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	29,3 °C	29,6 °C
Humedad Relativa	45,3 %	43,2 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Dos Termómetros Digitales Incertidumbre 0,007 °C DM - INACAL	Termómetro Digital -200 °C a 400 °C	LT-247-2018

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador	Tiempo de Calentamiento	Tiempo de Estabilización	Porcentaje de carga	Tipo de Carga / Muestra
110 °C ± 10 °C	110	40 mn	180 min	30 %	ENVASE METALICO/ MUESTRAS CLIENTE

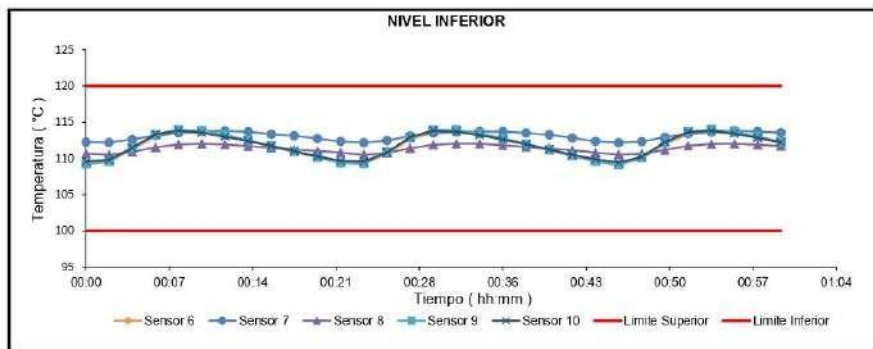
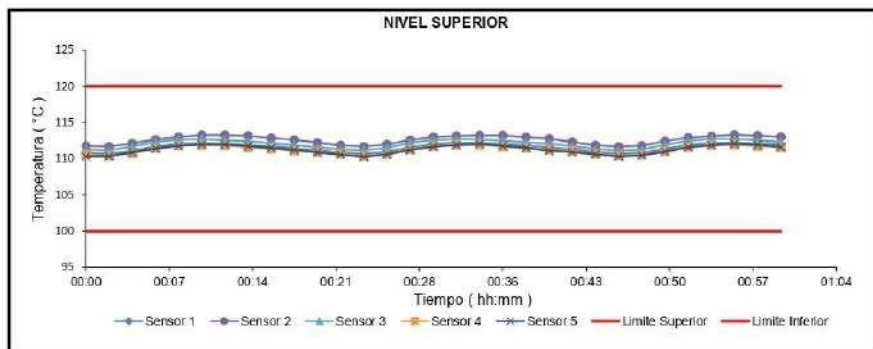
Tiempo (hh:mm)	Termómetro Horno (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										Tprom ² (°C)	Tmax - Tmin (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0:00	110	110,8	111,8	111,3	110,5	110,3	109,2	112,3	110,7	109,3	109,5	110,5	3,1
0:02	110	110,7	111,7	111,2	110,4	110,4	109,5	112,2	110,5	109,6	109,8	110,6	2,7
0:04	110	111,1	112,1	111,7	110,8	110,9	111,3	112,6	110,9	111,5	111,5	111,4	1,8
0:06	110	111,7	112,7	112,3	111,5	111,4	113,0	113,2	111,6	113,3	113,4	112,4	1,9
0:08	110	112,1	113,0	112,7	111,8	111,8	113,6	113,5	111,9	114,0	113,9	112,8	2,2
0:10	110	112,2	113,3	112,7	111,9	112,0	113,5	113,8	112,0	113,8	113,5	112,9	1,9
0:12	110	112,1	113,3	112,6	111,8	112,0	113,1	113,8	111,9	113,3	113,0	112,7	1,9
0:14	110	111,9	113,2	112,4	111,6	111,8	112,4	113,7	111,7	112,5	112,4	112,4	2,1
0:16	110	111,8	112,9	112,2	111,4	111,5	111,6	113,4	111,5	111,8	111,7	112,0	2,0
0:18	110	111,4	112,6	111,9	111,1	111,2	110,9	113,1	111,2	111,0	111,0	111,5	2,3
0:20	110	111,2	112,2	111,6	110,9	110,9	110,1	112,7	111,0	110,2	110,3	111,1	2,6
0:22	110	110,9	111,9	111,3	110,7	110,5	109,4	112,4	110,8	109,4	109,7	110,7	3,0
0:24	110	110,7	111,7	111,2	110,4	110,3	109,2	112,2	110,5	109,3	109,6	110,5	3,0
0:26	110	111,0	112,0	111,5	110,7	110,6	110,7	112,5	110,8	110,9	110,8	111,1	1,9
0:28	110	111,6	112,6	112,2	111,3	111,2	112,7	113,1	111,4	112,9	113,0	112,2	1,9
0:30	110	112,1	113,0	112,6	111,8	111,7	113,6	113,5	111,9	113,9	113,8	112,8	2,2
0:32	110	112,2	113,2	112,7	112,0	111,9	113,6	113,7	112,1	114,0	113,7	112,9	2,1
0:34	110	112,2	113,2	112,7	111,9	112,1	113,8	113,7	112,0	113,5	113,2	112,8	1,8
0:36	110	112,0	113,2	112,5	111,7	111,8	112,7	113,7	111,8	112,8	112,5	112,5	2,0
0:38	110	111,9	113,0	112,3	111,5	111,5	111,9	113,5	111,6	112,0	112,0	112,1	2,0
0:40	110	111,6	112,8	112,1	111,3	111,1	111,1	113,3	111,4	111,2	111,2	111,7	2,2
0:42	110	111,3	112,3	111,7	111,1	110,9	110,3	112,8	111,2	110,4	110,5	111,3	2,5
0:44	110	110,9	111,9	111,4	110,7	110,6	109,6	112,4	110,8	109,6	109,9	110,8	2,8
0:46	110	110,7	111,7	111,2	110,5	110,3	109,1	112,2	110,6	109,1	109,4	110,5	3,1
0:48	110	110,8	111,8	111,3	110,5	110,5	110,0	112,3	110,6	110,1	110,2	110,8	2,3
0:50	110	111,4	112,5	112,0	111,1	111,0	112,0	113,0	111,2	112,2	112,3	111,8	2,0
0:52	110	111,9	112,9	112,5	111,7	111,6	113,8	113,4	111,8	113,7	113,7	112,6	2,1
0:54	110	112,2	113,2	112,8	111,9	111,9	113,7	113,7	112,0	114,0	113,8	112,9	2,1
0:56	110	112,2	113,3	112,8	112,0	112,1	113,4	113,8	112,1	113,7	113,4	112,9	1,8
0:58	110	112,1	113,2	112,6	111,8	111,9	112,9	113,7	111,9	113,1	112,9	112,6	1,9
1:00	110	112,0	113,1	112,4	111,6	111,7	112,2	113,6	111,7	112,3	112,2	112,3	2,0
T. PROM ³	110,0	111,6	112,6	112,1	111,3	111,3	111,7	113,1	111,4	111,9	111,9		
T. MAX ⁴	110,0	112,2	113,3	112,8	112,0	112,1	113,7	113,8	112,1	114,0	113,9		
T. MIN ⁴	110,0	110,7	111,7	111,2	110,4	110,3	109,1	112,2	110,5	109,1	109,4		
DTI ⁵	0,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8	4,6	1,6	1,6	4,9	4,4		

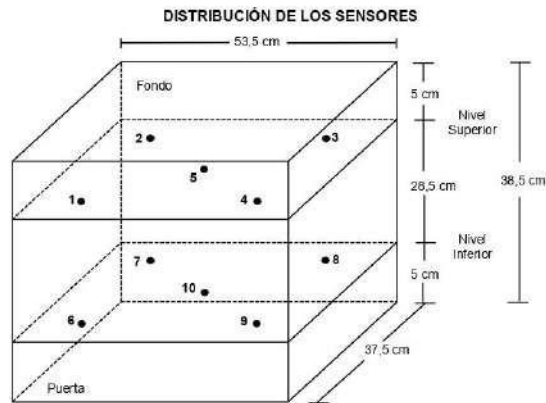


RESULTADOS DE MEDICIÓN

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,0	0,4
Mínima Temperatura Medida	109,1	0,5
Desviación Temperatura en el Tiempo	4,9	0,1
Desviación Temperatura en el Espacio	1,8	0,5
Estabilidad Medida (±)	2,45	0,04
Uniformidad Medida	3,1	0,5

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES





Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 6,5 cm por encima de la parrilla superior.
Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior.
Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 5 cm de las paredes laterales y a 6 cm del frente y fondo del equipo.

FOTOGRAFÍA DEL MEDIO ISOTERMO



Certificado : TC - 4371 - 2020

Página : 5 de 5

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

[1] T. PROM: Promedio de las temperaturas en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

[2] T prom: Promedio de las temperaturas en las doce posiciones de medición para un instante dado.

[3] Tmax: Temperatura máxima.

[4] Tmin: Temperatura mínima.

[5] DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su **"desviación de temperatura en el tiempo"** DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio de Medio Isotermo: 0,6 °C

La Uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.


La Estabilidad es considerada igual a $\pm \frac{1}{2}$ máx. DTT.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



 Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

 (01) 262 9536
 (51) 988 901 065

 informes@testcontrol.com.pe
 www.testcontrol.com.pe

Anexo 07: Certificado de acreditación del laboratorio MTL Geotecnia 2019 – 2023

Certificado

 **INACAL**
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

TEST & CONTROL S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma
NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-OSP-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019
Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023



ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación – INACAL

Cédula N° : 230-2819-INACAL/DA
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°004-16/INACAL-DA
Registro N° : LC-016

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y oída de modificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y registro debe consultarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion o por correo electrónico acreditacion@inacal.gob.pe.
La Dirección de Acreditación del INACAL es miembro del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MRA) de las Américas, Accredited Cooperatives (AAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-OSP-02M Ver. 02

Anexo 08: Composición química y físicas de cemento y ceniza volante



**SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS
QUÍMICOS S.A.C. SLAB**

INFORME DE ENSAYO IE-58245

1. DATOS DEL CLIENTE

Alumno : Crisostomo Paucar Javier
Chuquiharaca Concha Cristhian Manuel
Universidad : Universidad Cesar Vallejo
Nombre Tesis : Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020

2. FECHAS

Inicio : 23 de Setiembre de 2020
Finalización : 29 de Setiembre de 2020
Emisión de informe : 29 de Setiembre de 2020

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

Temperatura : 20.0 °C
Humedad Relativa : 45.2 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y NORMA UTILIZADA

Ensayo solicitado : Composición de Óxidos
Método utilizado : Fluorescencia de rayos X por energía dispersiva

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Código de Laboratorio	Producto/ Descripción
S-458	CENIZA VOLANTE

6. RESULTADOS

6.1 Resultados de parámetros físicos

Parámetro	Metodología	Resultado
SiO ₂ , %		53.47
Al ₂ O ₃ , %		24.58
Fe ₂ O ₃ , %		9.67
K ₂ O, %	EDX Fluorescencia de rayos X por energía dispersiva	2.54
CaO, %		1.25
MgO, %		1.36
Na ₂ O, %		1.85
SO ₃ , %		0.63

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.


DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Página 1 de 2

**INFORME DE ENSAYO
IE-58245**

1. DATOS DEL CLIENTE

Tesistas : Crisostomo Paucar Javier
Chuquiharaca Concha Cristhian Manuel
Universidad : Universidad Cesar Vallejo
Nombre Tesis : Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020

2. FECHAS

Inicio : 23 de Setiembre de 2020
Finalización : 29 de Setiembre de 2020
Emisión de informe : 29 de Setiembre de 2020

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

Temperatura : 20.0 °C
Humedad Relativa : 45.2 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y NORMA UTILIZADA

Ensayo solicitado : Composición de Óxidos
Método utilizado : Fluorescencia de rayos X por energía dispersiva

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Código de Laboratorio	Producto/ Descripción
S-458	CEMENTO ANDINO TIPO I

6. RESULTADOS

6.1 Resultados de parámetros físicos

Parámetro	Metodología	Resultado
SiO ₂ , %		21.53
Al ₂ O ₃ , %		4.18
Fe ₂ O ₃ , %		6.57
K ₂ O, %	EDX Fluorescencia de rayos X por energía dispersiva	0.26
CaO, %		56.38
MgO, %		1.93
Na ₂ O, %		0.08
SO ₃ , %		2.71

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.


DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Anexo 9: Propiedades físicas de los agregados



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

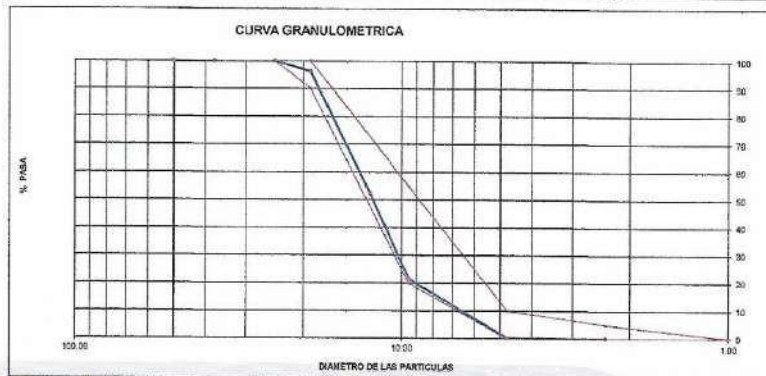
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO	Código	FQR-LTC-AG-002
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C136

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Chuquiuaraca Concha Cristhian - Cristostomo Paucar Javier
TESIS : Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020
UBICACION : Lima
Fecha de ensayo: 21/09/2020

MATERIAL : AGREGADO GRUESO **CANTERA:** TRAPICHE
PESO INICIAL HUMEDO (g) : 4,242.00 **% W =** 0.2
PESO INICIAL SECO (g) : 4,232.40 **MF =** 6.82

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSO # 57
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1.1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	19.00	190.0	3.6	3.6	96.2	90 - 100
1/2"	12.50	1,862.0	44.0	47.8	52.2	
3/8"	9.50	1,305.0	30.8	78.6	21.4	20 - 55
Nº 4	4.75	896.0	21.2	99.8	0.2	0 - 10
Nº 8	2.36	6.2	0.1	99.9	0.1	0 - 5
Nº 16	1.18	0.0	0.0	100.0	0.0	
FONDO		4.2	0.1			



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

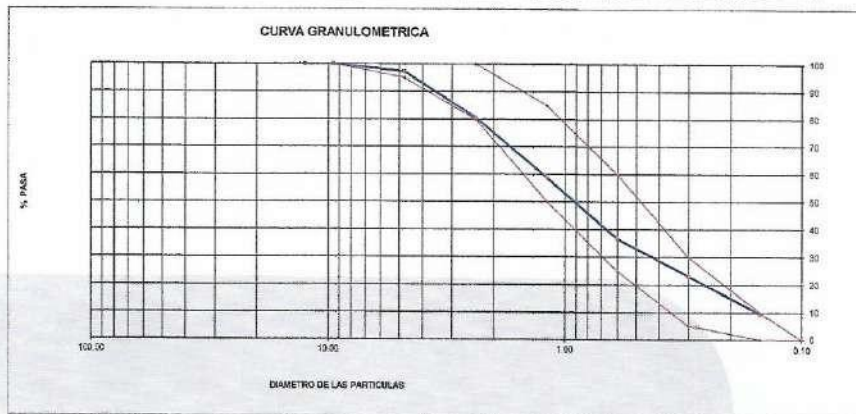
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO	Código	FOR-LTC-AG-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C136

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Chuquiuaraca Concha Cristhian - Cristostomo Paucar Javier
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020
UBICACIÓN	: Lima Fecha de ensayo: 21/09/2020

MATERIAL : Agregado fino GANTERA: TRÁPICHE
 PESO INICIAL HUMEDO (g) 639.0 % W = 1.0
 PESO INICIAL SECO (g) 632.6 MF = 2.94

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C 33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.75	16.8	2.7	2.7	97.3	95 - 100
Nº8	2.38	105.6	16.7	19.4	80.6	80 - 100
Nº 16	1.19	138.6	21.9	41.3	58.7	50 - 85
Nº 30	0.60	199.2	31.0	63.3	36.7	25 - 60
Nº 60	0.30	85.6	13.5	79.8	23.2	05 - 30
Nº 100	0.15	67.5	10.7	90.6	9.4	0 - 10
FONDO		59.7	9.4	100.0	0.0	0 - 0



OBSERVACIONES:
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Eliosa Moreno Huamani INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210596 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD MTL GEOTECNIA SAC Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO (F, G o G1b)	Código	FOR-LTC-AG-018
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	Fecha de ensayo:	21/09/2020
SOLICITANTE	: Chuquilhuasca Concha Cristhian - Crisostomo Faucar Javier		
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020		
UBICACIÓN	: Lima		

MATERIAL : AGREGADO GRUESO CANTERA: TRAFICHE

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	30536	30529	30541
2	Peso del Molde	g	9800	9800	9800
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	20736	20729	20741
4	Volumen del Molde	cc	13950	13950	13950
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.486	1.486	1.487
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		g/cc	1.486		

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	32402	32431	32458
2	Peso del Molde	g	9800	9800	9800
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	22602	22631	22658
4	Volumen del Molde	cc	13950	13950	13950
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.622	1.622	1.624
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		g/cc	1.622		

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO	Código	FOR-LAB-AG-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Chuquihuara Concha Cristhlan - Crisostomo Paucar Javier
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas. Lima - 2020
UBICACIÓN	: Lima
	Fecha de ensayo: 21/09/2020

MATERIAL	: AGREGADO FINO	GANTERA	: TRAPICHE
----------	-----------------	---------	------------

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	8431	8425	8415
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4068	4062	4052
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.474	1.472	1.468
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		g/cc	1.471		

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7325	7295	7294
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4962	4933	4931
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.795	1.787	1.787
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		g/cc	1.791		

OBSERVACIONES:
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C. P. N. 212905	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS	Código	FOR-LAB-MS-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM C127

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Chuquiaguara Cancha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm2 para estructuras hidráulicas, Lima - 2020
UBICACION	: Lima Fecha de ensayo: 21/03/2020

MATERIAL : AREGADO GRUESO **CANTERA** : TRAPICHE

MUESTRA Nº				M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	A	g	1534.0	1578.0	1556.0
2	Peso muestra Sól. Sup. Seca	B	g	2438.0	2508.0	2472.0
3	Peso muestra Seca	C	g	2409.0	2476.0	2443.5
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A		g/cc	2.70	2.70	2.70
5	Peso específico de masa = C/B-A		g/cc	2.67	2.66	2.67
6	Peso específico aparente = C/C-A		g/cc	2.75	2.75	2.75
7	Absorción de agua = ((B - C)/C) * 100		%	1.1	1.2	1.2

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

	<p>Revisado por:</p>  <p>Emilio Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210905</p>	<p>Aprobado por:</p>  <p>MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD</p>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	Código	FOR-LAB-AG-013
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C128

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	Fecha de ensayo:	21/09/2020
SOLICITANTE	: Chuquiaguaca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier		
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020		
UBICACIÓN	: Lima		

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA : TRAPICHE

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	g	990.7	981.6	961.1
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón	g	670.2	669.8	670.0
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	310.5	311.7	311.1
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balón	gicc	663.1	662.5	662.80
5	Peso del Balón N° 2	gicc	170.2	169.5	170.00
6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	gicc	492.9	492.7	492.80
7	Volumen del Balón (V = 500)	cc	497.5	498.2	497.9

RESULTADOS				
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))	g/cc	2.64	2.64	2.64
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W))	g/cc	2.67	2.68	2.68
PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W)-(500-A)])	g/cc	2.74	2.75	2.74
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) [(500-A)/V*100]	%	1.4	1.5	1.5

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 10: Diseño de mezcla



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
 ACI 211

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Chuquiuaraca Concha Cristhien - Crisostomo Paucar Javier
TESIS : Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 260 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020
UBICACION : Lima **Fecha de ensayo:** 22/09/2020

MATERIAL	f'c 280 kg/cm ²					
	PESO ESPECIFICO g/oc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.94	1.0	1.5	1471.0	1791.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.82	0.2	1.2	1486.0	1622.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			4	pulg	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.465		
4	AGUA			235		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.32		
B) ANÁLISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO		504.292		Kg/m ³	11.9	Bte/m ³
Volumen absoluto del cemento				0.1616	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua				0.2350	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m ³ /m ³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						0.417
Volumen absoluto del Agregado fino				0.2800	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3150	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.012
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				504	Kg/m ³	
AGUA				235	Lt/m ³	
AGREGADO FINO				739	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				841	Kg/m ³	
D) PESO DE MEZCLA						
CORRECCIÓN POR HUMEDAD		2320		Kg/m ³		
AGREGADO FINO HUMEDO		746.6		Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO HUMEDO		842.7		Kg/m ³		
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO				0.50	%	Lts/m ³
AGREGADO GRUESO				1.00	%	8.4
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA						12.1
						247.1 Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				504	Kg/m ³	
AGUA				247	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				747	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				843	Kg/m ³	
G) PESO DE MEZCLA						
CANTIDAD DE MATERIALES (52 LT)				2341	Kg/m ³	
CEMENTO				11.60	Kg	0.023
AGUA				5.08	Lts	
AGREGADO FINO				17.17	Kg	
AGREGADO GRUESO				19.38	Kg	
PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)				PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)		
C	1.0	C	1.0			
A.F	1.48	A.F	1.51			
A.G	1.67	A.G	1.89			
H2o	22.43 Kg.	H2o	22.43 LT.			

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/08/2016

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Chuquiuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 260 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020
UBICACION	: Lima Fecha de ensayo: 22/09/2020

MATERIAL	f'c 280 kg/cm ²					
	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.94	1.0	1.5	1471.0	1791.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.82	0.2	1.2	1486.0	1622.0
CENIZA VOLANTE (5%)	2.92					

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

A) VALORES DE DISEÑO					
1 ASENTAMIENTO			4	pulg	
2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			3/4"		
3 RELACION AGUA CEMENTO			0.491		
4 AGUA			235		
5 TOTAL DE AIRE ATRAFADO %			2.0		
6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.32		
B) ANALISIS DE DISEÑO					
FACTOR CEMENTO		479.677	Kg/m ³	11.3	Bts/m ³
Volumen absoluto del cemento			0.1526	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua			0.2360	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire			0.0200	m ³ /m ³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					0.409
Volumen absoluto del Agregado fino			0.2900	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3160	m ³ /m ³	0.603
Volumen absoluto de la ceniza volante			0.0080	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.012
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO					
CEMENTO			479	Kg/m ³	
AGUA			235	L/m ³	
AGREGADO FINO			739	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO			841	Kg/m ³	
CENIZA VOLANTE (5% del peso de cemento)			23.375	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA			2284	Kg/m ³	
D) CORRECCION POR HUMEDAD					
AGREGADO FINO HUMEDO			748.6	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO			842.7	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS					
AGREGADO FINO			0.50	Lts/m ³	
AGREGADO GRUESO			1.00	Lts/m ³	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				12.1	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO					
CEMENTO			479	Kg/m ³	
AGUA			247	Lts/m ³	
AGREGADO FINO			747	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO			845	Kg/m ³	
CENIZA VOLANTE (5% del peso de cemento)			23.38	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA			2316	Kg/m ³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (62 LB.)					
CEMENTO			11.02	Kg	
AGUA			5.66	Lbs	
AGREGADO FINO			17.17	Kg	
AGREGADO GRUESO			19.38	Kg	
CENIZA VOLANTE (5% del peso de cemento)			537.6	g	
PROPORCION EN PESO p3 (húmedo)					
C			1.0		
A.G			1.56		
A.G			1.76		
H2o			23.84 Kg.		
PROPORCION EN VOLUMEN p3 (húmedo)					
C			1.0		
A.F			1.59		
A.G			1.78		
H2o			23.84 LT.		

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	Fecha de ensayo: 22/09/2020
SOLICITANTE	: Chuquiuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier	
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020	
UBICACION	: Lima	

MATERIAL	Fc 280 kg/cm ²					
	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.94	1.0	1.5	1471.0	1791.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.82	0.2	1.2	1488.0	1622.0
CENIZA VOLANTE (10%)	2.92					

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

A) VALORES DE DISEÑO							
1	ASENTAMIENTO		4			ulg	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL		3/4"				
3	RELACION AGUA CEMENTO		0.518				
4	AGUA		235				
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		2.0				
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.32				
B) ANALISIS DE DISEÑO							
	FACTOR CEMENTO		463.863		Kg/m³		
	Volumen absoluto del cemento		0.1455		m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Agua		0.2350		m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Aire		0.0200		m ³ /m ³		
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					0.400	
	Volumen absoluto del Agregado fino		0.2800		m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Agregado grueso		0.3150		m ³ /m ³		
	Volumen absoluto de la ceniza volante		0.0150		m ³ /m ³		
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.010	
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO							
	CEMENTO		454		Kg/m ³		
	AGUA		235		L/m ³		
	AGREGADO FINO		739		Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO		841		Kg/m ³		
	CENIZA VOLANTE (10% del peso de cemento)		43.83		Kg/m ³		
D) PESO DE MEZCLA			2313		Kg/m³		
CORRECCION POR HUMEDAD							
	AGREGADO FINO HUMEDO		745.6		Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO HUMEDO		842.7		Kg/m ³		
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS							
	AGREGADO FINO		0.50		Lts/m ³		
	AGREGADO GRUESO		1.00		8.4		
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				12.1	Lts/m ³	
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO							
	CEMENTO		454		Kg/m ³		
	AGUA		247		Lts/m ³		
	AGREGADO FINO		747		Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO		843		Kg/m ³		
	CENIZA VOLANTE (10% del peso de cemento)		43.83		Kg/m ³		
G) PESO DE MEZCLA			2334		Kg/m³		
CANTIDAD DE MATERIALES (52 lt.)							
	CEMENTO		10.44		Kg		
	AGUA		5.68		Lts		
	AGREGADO FINO		17.17		Kg		
	AGREGADO GRUESO		19.36		Kg		
	CENIZA VOLANTE (10% del peso de cemento)		1008.1		g		
PORPORCION EN PESO p3 (húmedo)						PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)	
C	1.0					C	1.0
A.F	1.64					A.F	1.88
A.G	1.96					A.G	1.97
H2o	24.93 kg					H2o	24.93 LT.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Eimer Huamani INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 21096	 Eimer Huamani INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 21096	 CONTROL DE CALIDAD CONTROL DE CALIDAD MTL GEOTECNIA
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	Fecha de ensayo:	22/09/2020
SOLICITANTE	: Chuquiuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier		
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020		
UBICACION	: Lima		

MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc		MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
	CEMENTO SOL TIPO I	AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE					
CEMENTO SOL TIPO I	3.12						
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.84	2.84		1.0	1.5	1471.0	1791.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.82		0.2	1.2	1486.0	1622.0
CENIZA VOLANTE (15%)	2.92						

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

A) VALORES DE DISEÑO						
1 ASENTAMIENTO			4		pulg	
2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			3/4"			
3 RELACION AGUA CEMENTO			0.548			
4 AGUA			235			
5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0			
6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.32			
B) ANÁLISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO		428.648				
Volumen absoluto del cemento			0.1374			10.1
Volumen absoluto del Agua			0.2350			m ³ /m ³
Volumen absoluto del Aire			0.0200			m ³ /m ³
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						0.392
Volumen absoluto del Agregado fino			0.2600			m ³ /m ³
Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3150			m ³ /m ³
Volumen absoluto de la ceniza volante			0.0230			m ³ /m ³
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.010
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO			429			Kg/m ³
AGUA			235			L/m ³
AGREGADO FINO			739			Kg/m ³
AGREGADO GRUESO			841			Kg/m ³
CENIZA VOLANTE (15% del peso de cemento)			67.20			Kg/m ³
PESO DE MEZCLA			2311			Kg/m ³
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO			746.6			Kg/m ³
AGREGADO GRUESO HUMEDO			842.7			Kg/m ³
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO			0.50			Lts/m ³
AGREGADO GRUESO			1.00			Lts/m ³
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA						12.1
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO			429			Kg/m ³
AGUA			247			Lts/m ³
AGREGADO FINO			747			Kg/m ³
AGREGADO GRUESO			843			Kg/m ³
CENIZA VOLANTE (15% del peso de cemento)			67.20			Kg/m ³
PESO DE MEZCLA			2332			Kg/m ³
G) CANTIDAD DE MATERIALES (52 IL.)						
CEMENTO			9.86			Kg
AGUA			5.68			Lts
AGREGADO FINO			17.17			Kg
AGREGADO GRUESO			19.38			Kg
CENIZA VOLANTE (15% del peso de cemento)			1545.7			g
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						
C	1.0					
A.F	1.74					
A.G	1.97					
H ₂ O	26.44 Kg					
PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)						
C	1.0					
A.F	1.78					
A.G	1.98					
H ₂ O	26.44 LT.					

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA SOLICITANTE	: Datos de laboratorio : Chuquiueraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020
UBICACION	: Lima
	Fecha de ensayo: 22/09/2020

Fc 280 kg/cm ²							
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³	
CEMENTO SOL TIPO I	3.12						
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.94	1.0	1.5	1471.0	1791.0	
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.82	0.2	1.2	1486.0	1622.0	

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

A) VALORES DE DISEÑO							
1	ASENTAMIENTO			4	ulg		
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"			
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.500			
4	AGUA			215			
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0			
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.34			
B) ANALISIS DE DISEÑO							
	FACTOR CEMENTO		430.000	Kg/m ³	10.1	Bits/m ³	
	Volumen absoluto del cemento			0.1378	m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Agua			0.2150	m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m ³ /m ³		0.373
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3120	m ³ /m ³		0.650
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3380	m ³ /m ³		
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.023
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO							
	CEMENTO			430	Kg/m ³		
	AGUA			215	L/m ³		
	AGREGADO FINO			824	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO			902	Kg/m ³		
	PESO DE MEZCLA			2371	Kg/m ³		
D) CORRECCION POR HUMEDAD							
	AGREGADO FINO HUMEDO			831.9	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			904.3	Kg/m ³		
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS							
	AGREGADO FINO			0.50	Lts/m ³		
	AGREGADO GRUESO			1.00	Lts/m ³		
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA						13.1
							228.1
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO							
	CEMENTO			430	Kg/m ³		
	AGUA			228	Lts/m ³		
	AGREGADO FINO			832	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO			904	Kg/m ³		
	PESO DE MEZCLA			2394	Kg/m ³		
G) CANTIDAD DE MATERIALES (52 N.)							
	CEMENTO			9.89	Kg		
	AGUA			5.25	Lts		
	AGREGADO FINO			19.13	Kg		
	AGREGADO GRUESO			20.80	Kg		
	PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						
	C			1.0			
	A.F			1.93			
	A.G			2.10			
	H2o			26.92 Kg			
	PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)						
	C			1.0			
	A.F			1.97			
	A.G			2.12			
	H2o			26.92 LT.			

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	Fecha de ensayo: 22/09/2020
SOLICITANTE	: Chuquiwareca Concha Crsthan - Crisostomo Paucar Javier	
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020	
UBICACION	: Lima	

MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCION %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.94	1.0	1.5	1471.0	1791.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.82	0.2	1.2	1486.0	1622.0
CENIZA VOLANTE (5%)	2.92					

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE							
A) VALORES DE DISEÑO							
1	ASENTAMIENTO			4	in		
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"			
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.526			
4	AGUA			215			
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0			
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.34			
B) ANALISIS DE DISEÑO							
	FACTOR CEMENTO		408.500	Kg/m ³	9.6	Bl/m ³	
	Volumen absoluto del cemento			0.1309	m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Agua			0.2150	m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m ³ /m ³		
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					0.386	
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3120	m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3380	m ³ /m ³	0.655	
	Volumen absoluto de la ceniza volante			0.0050	m ³ /m ³		
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.021	
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO							
	CEMENTO			409	Kg/m ³		
	AGUA			215	L/m ³		
	AGREGADO FINO			824	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO			902	Kg/m ³		
	CENIZA VOLANTE (5% del peso de cemento)			14.91	Kg/m ³		
D) PESO DE MEZCLA				2350	Kg/m ³		
CORRECCION POR HUMEDAD							
	AGREGADO FINO HUMEDO			831.9	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			904.3	Kg/m ³		
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS					Lts/m ³		
	AGREGADO FINO			0.50	4.1		
	AGREGADO GRUESO			1.00	9.0		
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				13.1	Lts/m ³	
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO							
	CEMENTO			409	Kg/m ³		
	AGUA			228	Lts/m ³		
	AGREGADO FINO			832	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO			904	Kg/m ³		
	CENIZA VOLANTE (5% del peso de cemento)			14.91	Kg/m ³		
G) PESO DE MEZCLA				2373	Kg/m ³		
CANTIDAD DE MATERIALES (52 lt.)							
	CEMENTO			9.40	Kg		
	AGUA			5.25	Lts		
	AGREGADO FINO			19.13	Kg		
	AGREGADO GRUESO			20.80	Kg		
	CENIZA VOLANTE (5% del peso de cemento)			33.0	g		
PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)	
C	1.0					C	1.0
A.F	2.04					A.F	2.09
A.G	2.21					A.G	2.28
H ₂ O	28.33 Kg					H ₂ O	28.33 LT.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	Fecha de ensayo: 22/09/2020
SOLICITANTE	: Chuquiuaraca Concha Crishtian - Crisostomo Paucar Javier	
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020	
UBICACIÓN	: Lima	

Fc 280 kg/cm ²						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.94	1.0	1.5	1471.0	1791.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.82	0.2	1.2	1486.0	1622.0
CENIZA VOLANTE (10%)	2.92					

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1 ASNTAMIENTO				4		in/g
2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL				3/4"		
3 RELACION AGUA CEMENTO				0.559		
4 AGUA				215		
5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %				2.0		
6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO				0.34		
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			387.000		Kg/m ³	
Volumen absoluto del cemento				0.1240	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua				0.2150	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m ³ /m ³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3120	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3380	m ³ /m ³	
Volumen absoluto de la ceniza volante				0.0110	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.020
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				387	Kg/m ³	
AGUA				215	L/m ³	
AGREGADO FINO				824	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				902	Kg/m ³	
CENIZA VOLANTE (10% del peso de cemento)				32.14	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2328	Kg/m ³	
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				831.9	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				904.3	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO				0.60	Lts/m ³	
AGREGADO GRUESO				1.00	Lts/m ³	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA						13.1
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						228.1
CEMENTO				387	Kg/m ³	
AGUA				228	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				832	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				904	Kg/m ³	
CENIZA VOLANTE (10% del peso de cemento)				32.14	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2351	Kg/m ³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (52 lt.)						
CEMENTO				3.90	Kg	
AGUA				5.25	Lts	
AGREGADO FINO				19.13	Kg	
AGREGADO GRUESO				20.80	Kg	
CENIZA VOLANTE (10% del peso de cemento)				7.92	g	
PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						
C	1.0					
A.F	2.15					
A.G	2.34					
H ₂ O	29.51	Kg				
PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)						
C	1.0					
A.F	2.19					
A.G	2.36					
H ₂ O	29.91	LT.				

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	Fecha de ensayo: 22/09/2020
SOLICITANTE	: Chuquiuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier	
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020	
UBICACION	: Lima	

MATERIAL	f _c 280 kg/cm ²					
	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.94	1.0	1.5	1471.0	1791.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.82	0.2	1.2	1486.0	1622.0
CENIZA VOLANTE (15%)	2.92					

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO		4		in	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL		3/4"			
3	RELACION AGUA CEMENTO		0.588			
4	AGUA		215			
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		2.0			
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.34			
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO						
	Volumen absoluto del cemento	365.500		Kg/m ³	8.6	Bla/m ³
	Volumen absoluto del Agua		0.1171	m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Aire		0.2150	m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Aire		0.0200	m ³ /m ³		
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
	Volumen absoluto del Agregado fino		0.3120	m ³ /m ³		0.352
	Volumen absoluto del Agregado grueso		0.3390	m ³ /m ³		0.667
	Volumen absoluto de la ceniza volante		0.0170	m ³ /m ³		
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						
						1.019
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
	CEMENTO		366	Kg/m ³		
	AGUA		215	L/m ³		
	AGREGADO FINO		824	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO		802	Kg/m ³		
	CENIZA VOLANTE (15% del peso de cemento)		49.67	Kg/m ³		
PESO DE MEZCLA						
			2307	Kg/m ³		
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
	AGREGADO FINO HUMEDO		831.9	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO HUMEDO		904.3	Kg/m ³		
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO		0.50	Lts/m ³	4.1	
	AGREGADO GRUESO		1.00	Lts/m ³	9.0	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				13.1	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
	CEMENTO		366	Kg/m ³		
	AGUA		228	L/m ³		
	AGREGADO FINO		832	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO		904	Kg/m ³		
	CENIZA VOLANTE (15% del peso de cemento)		49.67	Kg/m ³		
PESO DE MEZCLA						
			2338	Kg/m ³		
G) CANTIDAD DE MATERIALES (52 Lt.)						
	CEMENTO		8.41	Kg		
	AGUA		5.26	Lts		
	AGREGADO FINO		19.13	Kg		
	AGREGADO GRUESO		20.80	Kg		
	CENIZA VOLANTE (15% del peso de cemento)		1142.5	g		
PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)			PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)			
C	1.0		C	1.0		
A/F	2.29		A/F	2.32		
A/G	2.47		A/G	2.50		
H2o	31.67 Kg		H2o	31.67 Lt.		

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Sueltos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 11: Resistencia a compresión a los 7 y 28 días



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/03/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Chuquiwaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier
TESIS	: "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2019"
UBICACIÓN	: Distrito de Lima
	Fecha de emisión: 20/10/2020

IDENTIFICACIÓN DE ESPÉCIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F'c Diseño kg/cm ²	% F'c
PATRÓN - R ac: 0.47	22/09/2020	29/09/2020	7	18105.2	78.5	230.8	280.0	82.4
PATRÓN - R ac: 0.47	22/09/2020	29/09/2020	7	18341.5	78.5	233.7	280.0	83.4
PATRÓN - R ac: 0.47	22/09/2020	29/09/2020	7	18484.4	78.5	235.5	280.0	84.1
PATRÓN - R ac: 0.47	22/09/2020	20/10/2020	28	23612.6	78.5	300.8	280.0	107.4
PATRÓN - R ac: 0.47	22/09/2020	20/10/2020	28	23361.6	78.5	297.6	280.0	106.3
PATRÓN - R ac: 0.47	22/09/2020	20/10/2020	28	23267.4	78.5	296.4	280.0	105.9

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/03/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Crisostomo Paucar Javier
TESIS	: "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2019"
UBICACIÓN	: Distrito de Lima
	Fecha de emisión: 20/10/2020

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
R ac 0.47 - 5%	22/09/2020	25/09/2020	7	18303.8	78.5	233.2	280.0	83.3
R ac 0.47 - 5%	22/09/2020	25/09/2020	7	18455.1	78.5	235.1	280.0	84.0
R ac 0.47 - 5%	22/09/2020	25/09/2020	7	18413.0	78.5	234.6	280.0	83.8
R ac 0.47 - 5%	22/09/2020	26/10/2020	28	24656.9	78.5	314.1	280.0	112.2
R ac 0.47 - 5%	22/09/2020	26/10/2020	28	24861.0	78.5	316.7	280.0	113.1
R ac 0.47 - 5%	22/09/2020	26/10/2020	28	24923.8	78.5	317.5	280.0	113.4

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/03/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA SOLICITANTE TESIS	: Datos de laboratorio : Cristostomo Paucar Javier : "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2019"
UBICACIÓN	: Distrito de Lima
	Fecha de emisión: 20/10/2020

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	Fc Diseño kg/cm ²	% Fc
R alc 0.47 - 10%	22/09/2020	28/09/2020	7	18177.5	78.5	231.6	280.0	82.7
R alc 0.47 - 10%	22/09/2020	29/09/2020	7	18459.9	78.5	235.1	280.0	84.0
R alc 0.47 - 10%	22/09/2020	29/09/2020	7	18007.1	78.5	229.4	280.0	81.9
R alc 0.47 - 10%	22/09/2020	20/10/2020	28	23973.9	78.5	305.4	280.0	109.1
R alc 0.47 - 10%	22/09/2020	20/10/2020	28	24374.3	78.5	310.5	280.0	110.9
R alc 0.47 - 10%	22/09/2020	20/10/2020	28	26154.5	78.5	307.7	280.0	109.9

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refrigerante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/03/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Cristóbal Fauzer Javier
TESIS	: "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2019"
UBICACIÓN	: Distrito de Lima
Fecha de emisión: 20/10/2020	

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
R alc 0.47 - 15%	22/09/2020	29/09/2020	7	18027.5	78.5	229.7	280.0	82.0
R alc 0.47 - 15%	22/09/2020	29/09/2020	7	18200.2	78.5	231.9	280.0	82.8
R alc 0.47 - 15%	22/09/2020	29/09/2020	7	18013.4	78.5	229.6	280.0	82.0
R alc 0.47 - 15%	22/09/2020	29/10/2020	28	21312.8	78.5	271.5	280.0	97.0
R alc 0.47 - 16%	22/09/2020	20/10/2020	28	21061.6	78.5	268.3	280.0	95.8
R alc 0.47 - 15%	22/09/2020	20/10/2020	28	21234.3	78.5	270.5	280.0	96.6

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallos atípicos en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/03/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Cristóbal Poucar Javier
TESIS	: "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2019"
UBICACIÓN	: Distrito de Lima
	Fecha de emisión: 20/10/2020

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
PATRÓN - R ac 0.50	22/09/2020	23/09/2020	7	15508.5	78.5	197.6	250.0	79.0
PATRÓN - R ac 0.50	22/09/2020	23/09/2020	7	15752.6	78.5	200.7	250.0	80.3
PATRÓN - R ac 0.50	22/09/2020	23/09/2020	7	15426.8	78.5	196.6	250.0	78.6
PATRÓN - R ac 0.50	22/09/2020	20/10/2020	28	20237.3	78.5	257.8	250.0	103.1
PATRÓN - R ac 0.50	22/09/2020	20/10/2020	28	20090.3	78.5	256.8	250.0	102.3
PATRÓN - R ac 0.50	22/09/2020	20/10/2020	28	20379.0	78.5	259.6	250.0	103.8

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos, Cimentación, Asfalto Eimer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.R.P. N. 21806	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/03/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA SOLICITANTE	Datos de laboratorio Cristóforo Faucar Javier
TESIS	"Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 260 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2019"
UBICACIÓN	Distrito de Lima
	Fecha de emisión: 20/10/2020

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VAGIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _o Diseño kg/cm ²	% F _o
R ac 0.50 - 5%	22/09/2020	29/09/2020	7	15382.5	78.5	195.7	250.0	78.3
R ac 0.50 - 5%	22/09/2020	29/09/2020	7	15618.5	78.5	201.5	250.0	80.6
R ac 0.50 - 5%	22/09/2020	29/09/2020	7	15796.6	78.5	201.2	250.0	80.5
R ac 0.50 - 5%	22/09/2020	20/10/2020	28	21320.6	78.5	271.6	250.0	108.6
R ac 0.50 - 5%	23/09/2020	20/10/2020	28	21648.3	78.5	274.5	250.0	109.8
R ac 0.50 - 5%	22/09/2020	20/10/2020	28	21807.3	78.5	277.8	250.0	111.1

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- No se observaron fallas atípicas en las roturas
- El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referentante
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/03/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA SOLICITANTE	Datos de laboratorio Cristóforo Faucar Javier
TESIS	"Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 260 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2019"
UBICACIÓN	Distrito de Lima
	Fecha de emisión: 20/10/2020

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VAGIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _o Diseño kg/cm ²	% F _o
R ac 0.50 - 5%	22/09/2020	29/09/2020	7	15382.5	78.5	195.7	240.0	78.3
R ac 0.50 - 5%	22/09/2020	29/09/2020	7	15618.5	78.5	201.5	250.0	80.6
R ac 0.50 - 5%	22/09/2020	29/09/2020	7	15796.6	78.5	201.2	250.0	80.5
R ac 0.50 - 5%	22/09/2020	20/10/2020	28	21320.6	78.5	271.6	250.0	108.6
R ac 0.50 - 5%	23/09/2020	20/10/2020	28	21648.3	78.5	274.5	250.0	109.8
R ac 0.50 - 5%	22/09/2020	20/10/2020	28	21807.3	78.5	277.8	250.0	111.1

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- No se observaron fallas atípicas en las roturas
- El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referentante
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/03/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Cristoforo Paucar Javier
TESIS	: "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2019"
UBICACIÓN	: Distrito de Lima
Fecha de emisión: 26/10/2020	

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
R ac 0.50 - 15%	22/09/2020	29/09/2020	7	15244.7	78.5	194.2	250.0	77.7
R ac 0.50 - 16%	22/09/2020	29/09/2020	7	15074.4	78.5	192.0	250.0	76.8
R ac 0.50 - 15%	22/09/2020	29/09/2020	7	15117.5	78.5	192.6	250.0	77.0
R ac 0.50 - 15%	22/09/2020	20/10/2020	28	18690.9	78.5	238.1	250.0	95.2
R ac 0.50 - 15%	22/09/2020	20/10/2020	28	18667.3	78.5	237.8	250.0	95.1
R ac 0.50 - 16%	22/09/2020	20/10/2020	28	18188.5	78.5	231.7	250.0	92.7

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de alambres de neopreno como material referente
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 12: Porosidad y densidad a los 28 días en a/c = 0.47 y 0.50



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO
-------------------------------------	---

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C642 / NTP 339.187

TESIS : "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020"

SOLICITANTES : Chuquihuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier

UBICACIÓN : Lima

Tipo de muestra	: CONCRETO ENDURECIDO
Diseño (f/c)	: R a/c 0.47
Fecha de vaciado	: 22-9-2020
Fecha de ensayo	: 20-10-2020
Edad	: 28 días

RESULTADOS ASTM C642	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN	0.8%	0.8%	0.9%	0.9%	0.8%	0.8%
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	0.7%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.283	2.285	2.287	2.285	2.284	2.286
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm ³)	2.302	2.303	2.307	2.303	2.304	2.305
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm ³)	2.293	2.299	2.301	2.299	2.298	2.300
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	2.316	2.318	2.321	2.317	2.315	2.318
VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACIOS)	1.52%	1.43%	1.45%	1.40%	1.48%	1.38%

OBSERVACIONES:

- Muestra provista e identificada por el solicitante
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de MTL GEOTECNIA SAC

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto, Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL CIP N° 21606	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO
-------------------------------------	---

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C642 / NTP 339.187

TESIS : "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020"

SOLICITANTES : Chuquihuárcaca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier

UBICACIÓN : Lima

Tipo de muestra	: CONCRETO ENDURECIDO
Diseño (f/c)	: R a/c 0.47
Fecha de vaciado	: 22-9-2020
Fecha de ensayo	: 20-10-2020
Edad	: 28 días

RESULTADOS ASTM C642	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN	0.6%	0.6%	0.9%	0.9%	0.8%	0.8%
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	0.7%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.283	2.285	2.287	2.285	2.284	2.286
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm ³)	2.302	2.303	2.307	2.303	2.304	2.305
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm ³)	2.290	2.299	2.301	2.299	2.296	2.300
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	2.316	2.318	2.321	2.317	2.318	2.318
VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACIOS)	1.52%	1.43%	1.45%	1.40%	1.46%	1.38%

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de MTL GEOTECNIA SAC

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO
-------------------------------------	---

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C642 / NTP 330.107

TESIS : "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020"

SOLICITANTES : Chuquiuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier

UBICACIÓN : Lima

Tipo de muestra : CONCRETO ENDURECIDO
Diseño (f'c) : R a/c 0.47 (10%)
Fecha de vaciado : 22-9-2020
Fecha de ensayo : 20-10-2020
Edad : 28 días

RESULTADOS ASTM C642	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS	0.47 28 DIAS
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.322	2.325	2.324	2.328	2.320	2.316
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm ³)	2.338	2.342	2.341	2.345	2.338	2.332
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm ³)	2.336	2.339	2.337	2.341	2.334	2.330
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	2.356	2.357	2.355	2.359	2.353	2.349
VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACÍOS)	1.40%	1.39%	1.33%	1.32%	1.41%	1.39%

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de MTL GEOTECNIA SAC

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO
-------------------------------------	---

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C642 / NTP 338.187

TESIS : "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020"

SOLICITANTES : Chuquihuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier

UBICACIÓN : Lima

Tipo de muestra	: CONCRETO ENDURECIDO
Diseño (f'c)	: R alc 0.47 (15%)
Fecha de vaciado	: 22-9-2020
Fecha de ensayo	: 20-10-2020
Edad	: 28 días

RESULTADOS ASTM C642	0.47 (15%) 28 DIAS	0.47 (15%) 28 DIAS	0.47 (15%) 28 DIAS	0.47 (15%) 28 DIAS	0.47 (15%) 28 DIAS	0.47 (15%) 28 DIAS
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.297	2.297	2.298	2.299	2.301	2.299
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm ³)	2.315	2.314	2.314	2.315	2.315	2.316
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm ³)	2.312	2.311	2.312	2.312	2.313	2.312
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	2.331	2.330	2.330	2.330	2.330	2.330
VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACIOS)	1.42%	1.40%	1.39%	1.35%	1.24%	1.34%

OBSERVACIONES:

- Muestra provista e identificada por el solicitante
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de MTL GEOTECNIA SAC

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO
-------------------------------------	---

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C642 / NTP 339.187

TESIS : "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020"

SOLICITANTES : Chuquihuaraca Concha Crísthian - Crisostomo Paucar Javier

UBICACIÓN : Lima

Tipo de muestra	: CONCRETO ENDURECIDO
Diseño (f'c)	: R alc 0.50
Fecha de vaciado	: 22-9-2020
Fecha de ensayo	: 20-10-2020
Edad	: 28 días

RESULTADOS ASTM C642	0.50 28 DIAS	0.50 28 DIAS	0.50 28 DIAS	0.50 28 DIAS	0.50 28 DIAS	0.50 28 DIAS
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN	0.9%	1.1%	1.1%	1.1%	1.1%	1.1%
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	0.9%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.338	2.336	2.335	2.337	2.337	2.338
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm ³)	2.360	2.362	2.360	2.352	2.363	2.363
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm ³)	2.359	2.360	2.356	2.351	2.361	2.360
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	2.367	2.363	2.362	2.364	2.365	2.364
VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACIOS)	2.02%	2.38%	2.38%	2.39%	2.41%	2.44%

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de MTL GEOTECNIA SAC

 Elaborado por:	 Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C. <small>Sueldo Concreto Asfalto</small> Elnor Moreno Huaman <small>INGENIERO CIVIL</small> <small>C.I.P.N. 28646</small>	 Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO
-------------------------------------	---

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C642 / NTP 339.187

TESIS : "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020"

SOLICITANTES : Chuquihuaraca Concha Crísthian - Crisostomo Paucar Javier

UBICACIÓN : Lima

Tipo de muestra	: CONCRETO ENDURECIDO
Diseño (f'c)	: R alc 0.50
Fecha de vaciado	: 22-9-2020
Fecha de ensayo	: 20-10-2020
Edad	: 28 días

RESULTADOS ASTM C642	0.50 28 DIAS	0.50 28 DIAS	0.50 28 DIAS	0.50 28 DIAS	0.50 28 DIAS	0.50 28 DIAS
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN	0.9%	1.1%	1.1%	1.1%	1.1%	1.1%
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	0.9%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.331	2.336	2.335	2.337	2.337	2.338
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm ³)	2.360	2.362	2.360	2.352	2.363	2.363
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm ³)	2.359	2.360	2.356	2.351	2.361	2.360
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	2.367	2.363	2.362	2.364	2.365	2.364
VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACIOS)	2.02%	2.38%	2.38%	2.39%	2.41%	2.44%

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de MTL GEOTECNIA SAC

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO
-------------------------------------	---

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C642 / NTP 339.187

TESIS : "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020"

SOLICITANTES : Chiquihuaraca Concha Cristian - Crisostomo Paucar Javier

UBICACIÓN : Lima

Tipo de muestra	: CONCRETO ENDURECIDO
Diseño (f'c)	: R a/c 0.50 (10%)
Fecha de vaciado	: 22-9-2020
Fecha de ensayo	: 20-10-2020
Edad	: 28 días

RESULTADOS ASTM C642	0.50 (10%) 28 DIAS	0.50 (10%) 28 DIAS	0.50 (10%) 28 DIAS	0.50 (10%) 28 DIAS	0.50 (10%) 28 DIAS	0.50 (10%) 28 DIAS
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.345	2.347	2.346	2.345	2.346	2.345
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm ³)	2.365	2.368	2.366	2.365	2.366	2.365
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm ³)	2.364	2.365	2.365	2.364	2.365	2.364
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	2.391	2.391	2.391	2.391	2.391	2.391
VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACÍOS)	1.90%	1.82%	1.91%	1.89%	1.90%	1.89%

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de MTL GEOTECNIA SAC

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO
-------------------------------------	---

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C642 / NTP 339.187

TESIS : "Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima – 2020"

SOLICITANTES : Chuquiuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier

UBICACIÓN : Lima

Tipo de muestra	: CONCRETO ENDURECIDO
Diseño (F'c)	: R a/c 0.50 (15%)
Fecha de vaciado	: 22-9-2020
Fecha de ensayo	: 20-10-2020
Edad	: 28 días

RESULTADOS ASTM C642	0.50 (15%) 28 DIAS	0.50 (15%) 28 DIAS	0.50 (15%) 28 DIAS	0.50 (15%) 28 DIAS	0.50 (15%) 28 DIAS	0.50 (15%) 28 DIAS
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%
ABSORCIÓN DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.5%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.339	2.338	2.337	2.337	2.338	2.348
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN (g/cm ³)	2.380	2.380	2.380	2.380	2.380	2.370
DENSIDAD APARENTE DESPUÉS DE LA INMERSIÓN Y LA EBULLICIÓN (g/cm ³)	2.355	2.355	2.355	2.354	2.355	2.360
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	2.378	2.378	2.378	2.377	2.378	2.377
VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (% VACÍOS)	1.63%	1.72%	1.71%	1.60%	1.71%	1.23%

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin autorización escrita de MTL GEOTECNIA SAC

 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	--	--

Anexo 13: Velocidad de absorción y absorción capilar a los 28 días en a/c = 0.47 y 0.50



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-GEOTEC-001
	DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS CONCRETOS DE CEMENTO PORTLANDICO		Revisión	1
	LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO		Aprobado	CG-MTL
	ASTM C1585		Fecha	26/03/2020

REFERENCIA: Norma de absorción: C1585
 Socio/Cliente: Cívica y Vecinal de San Martín de Porres
 Tipo de muestra: Muestra de laboratorio
 Ubicación: Calle de cemento por ciento veinte y seis en el distrito de la parashalva del concreto 280 (kg/m³) para estructuras industriales, Lima - 2000

ENSAYO DE ABSORCIÓN EN CONCRETOS DE CEMENTO HIDRÁULICO

1) Información general:
 Proyecto:
 No. de ensayos:
 Ubicación:
 Fecha de ensayo: 26/03/2020

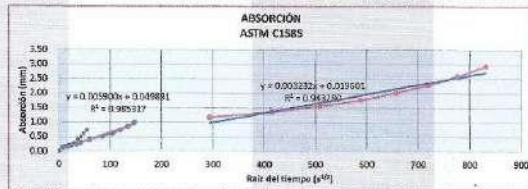
2) Propiedades geométricas de los ensayos:

Prueba	Módulo	Superficie		Volumen		Superficie		Volumen		Superficie	Volumen
		Superficie	Perímetro	Superficie	Volumen	Superficie	Volumen				
P-1	175.75	175.75	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
P-2	175.75	175.75	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
P-3	175.75	175.75	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
P-4	175.75	175.75	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
P-5	175.75	175.75	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
P-6	175.75	175.75	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

3) Registro de datos en el tiempo:

Tiempo	Módulo	Prueba	Absorción		Superficie	Volumen
			Superficie	Volumen		
5 min	175.75	P-1	0.11	0.29	0.000	0.000
		P-2	0.11	0.29	0.000	0.000
		P-3	0.11	0.29	0.000	0.000
		P-4	0.11	0.29	0.000	0.000
		P-5	0.11	0.29	0.000	0.000
1 hora	175.75	P-1	0.22	0.58	0.004	0.004
		P-2	0.22	0.58	0.004	0.004
		P-3	0.22	0.58	0.004	0.004
		P-4	0.22	0.58	0.004	0.004
		P-5	0.22	0.58	0.004	0.004
3 hora	175.75	P-1	0.33	0.87	0.008	0.008
		P-2	0.33	0.87	0.008	0.008
		P-3	0.33	0.87	0.008	0.008
		P-4	0.33	0.87	0.008	0.008
		P-5	0.33	0.87	0.008	0.008
10 hora	175.75	P-1	0.44	1.16	0.012	0.012
		P-2	0.44	1.16	0.012	0.012
		P-3	0.44	1.16	0.012	0.012
		P-4	0.44	1.16	0.012	0.012
		P-5	0.44	1.16	0.012	0.012
27 hora	175.75	P-1	0.55	1.45	0.016	0.016
		P-2	0.55	1.45	0.016	0.016
		P-3	0.55	1.45	0.016	0.016
		P-4	0.55	1.45	0.016	0.016
		P-5	0.55	1.45	0.016	0.016
27 hora	175.75	P-6	0.55	1.45	0.016	0.016
		P-7	0.55	1.45	0.016	0.016
		P-8	0.55	1.45	0.016	0.016
		P-9	0.55	1.45	0.016	0.016
		P-10	0.55	1.45	0.016	0.016

Tiempo	Módulo	Prueba	Absorción		Superficie	Volumen
			Superficie	Volumen		
5 min	175.75	P-6	0.11	0.29	0.000	0.000
		P-7	0.11	0.29	0.000	0.000
		P-8	0.11	0.29	0.000	0.000
		P-9	0.11	0.29	0.000	0.000
		P-10	0.11	0.29	0.000	0.000
1 hora	175.75	P-6	0.22	0.58	0.004	0.004
		P-7	0.22	0.58	0.004	0.004
		P-8	0.22	0.58	0.004	0.004
		P-9	0.22	0.58	0.004	0.004
		P-10	0.22	0.58	0.004	0.004
3 hora	175.75	P-6	0.33	0.87	0.008	0.008
		P-7	0.33	0.87	0.008	0.008
		P-8	0.33	0.87	0.008	0.008
		P-9	0.33	0.87	0.008	0.008
		P-10	0.33	0.87	0.008	0.008
10 hora	175.75	P-6	0.44	1.16	0.012	0.012
		P-7	0.44	1.16	0.012	0.012
		P-8	0.44	1.16	0.012	0.012
		P-9	0.44	1.16	0.012	0.012
		P-10	0.44	1.16	0.012	0.012
27 hora	175.75	P-6	0.55	1.45	0.016	0.016
		P-7	0.55	1.45	0.016	0.016
		P-8	0.55	1.45	0.016	0.016
		P-9	0.55	1.45	0.016	0.016
		P-10	0.55	1.45	0.016	0.016



Absorción total (mm ²)	1.880-1.9
Absorción normalizada (mm ²)	1.220-0.0

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Gerente General Gina Mariluz Huaman	Control de Calidad Central de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FORJATO-CR-01
	DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS CONCRETOS DE CEMENTO HIDRÁULICO		Plancha	1
			Escala	CM:MM
			Fecha	26/10/2018
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO				
ANTE CERRO				

REFERENCIA : Datos de laboratorio
PROYECTO : Construcción Centro Cultural - Construcción Plaza Javier
USO : Sustitución de concreto por concreto colado y su efecto en la permeabilidad del concreto 200 kg/cm² para estructuras hidráulicas, Lima - 2007
ESPECIFICACIÓN : L-06

ENSAYO DE ABSORCIÓN EN CONCRETOS DE CEMENTO HIDRÁULICO
1) Información general:
Fecha de ensayo: 20/10/2018
Edad del concreto: 28 días

2) Propiedades geométricas de las probetas:

Probeta	Medida	DATOS DE LAS PROBETAS PARA EL CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE ACUMULACIÓN (ASTM C1585)														
		Superficie			Volumen			Superficie			Volumen					
		L	B	H	V	S	L	B	H	V	S	L	B	H	V	
P-1	100x100x100	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000
P-2	100x100x100	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000
P-3	100x100x100	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000
P-4	100x100x100	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000
P-5	100x100x100	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000
P-6	100x100x100	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000
P-7	100x100x100	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000
P-8	100x100x100	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000	100	100	100	1000000	30000

3) Registro de datos en el tiempo:

ID	Medida	Superficie	VELOCIDAD DE ABSORCIÓN EN CONCRETOS (ASTM C1585)				Absorción	Coeficiente
			Prueba	Medida	Superficie	Volumen		
P-1	100	30000	P-1.1	100	30000	0.000	0.000	
			P-1.2	100	30000	0.000	0.000	
			P-1.3	100	30000	0.000	0.000	
			P-1.4	100	30000	0.000	0.000	
P-2	100	30000	P-2.1	100	30000	0.000	0.000	
			P-2.2	100	30000	0.000	0.000	
			P-2.3	100	30000	0.000	0.000	
			P-2.4	100	30000	0.000	0.000	
P-3	100	30000	P-3.1	100	30000	0.000	0.000	
			P-3.2	100	30000	0.000	0.000	
			P-3.3	100	30000	0.000	0.000	
			P-3.4	100	30000	0.000	0.000	
P-4	100	30000	P-4.1	100	30000	0.000	0.000	
			P-4.2	100	30000	0.000	0.000	
			P-4.3	100	30000	0.000	0.000	
			P-4.4	100	30000	0.000	0.000	
P-5	100	30000	P-5.1	100	30000	0.000	0.000	
			P-5.2	100	30000	0.000	0.000	
			P-5.3	100	30000	0.000	0.000	
			P-5.4	100	30000	0.000	0.000	
P-6	100	30000	P-6.1	100	30000	0.000	0.000	
			P-6.2	100	30000	0.000	0.000	
			P-6.3	100	30000	0.000	0.000	
			P-6.4	100	30000	0.000	0.000	
P-7	100	30000	P-7.1	100	30000	0.000	0.000	
			P-7.2	100	30000	0.000	0.000	
			P-7.3	100	30000	0.000	0.000	
			P-7.4	100	30000	0.000	0.000	
P-8	100	30000	P-8.1	100	30000	0.000	0.000	
			P-8.2	100	30000	0.000	0.000	
			P-8.3	100	30000	0.000	0.000	
			P-8.4	100	30000	0.000	0.000	



Elaborado por: [Firma]

Revisado por: [Firma] MTL GEOTECNIA S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos

Aprobado por: [Firma] MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FORATO-CR-001
	DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS CONCRETOS DE CEMENTO HIDRÁULICO		Plancha	1
			Escala	CM:MM
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO			Fecha	26/10/2018
APROXIMACIÓN : Datos de laboratorio PROYECTO : Ciudadela Centro Cultural - Construcción Plaza Urea USOS : Sustitución de concreto por concreto colado y su efecto en la permeabilidad del concreto 200 ejemplar para estructuras hidráulicas, Lima - 2007 UBICACIÓN : Lima				

ENSAYO DE ABSORCIÓN EN CONCRETOS DE CEMENTO HIDRÁULICO

1) Información general:
 Fecha de emisión: 26/10/2018
 Fecha de vencimiento: 27 días

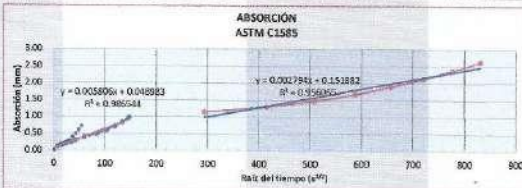
2) Propiedades geométricas de las probetas:

Probeta	Masa	DATOS DE LAS PROBETAS PARA EL CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN (MILÍMETROS CUBICOS)											
		Superficie			Perímetro			Volumen			Superficie lateral		
Superficie (cm²)	Perímetro (cm)	Volumen (cm³)	Superficie lateral (cm²)	Superficie (cm²)	Perímetro (cm)	Volumen (cm³)	Superficie lateral (cm²)	Superficie (cm²)	Perímetro (cm)	Volumen (cm³)	Superficie lateral (cm²)	Superficie (cm²)	
0.1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	

3) Registro de datos en el tiempo:

Grupo	Eje	D	h	L	Superficie (cm²)		Perímetro (cm)		Volumen (cm³)		Absorción (g/cm²)	Absorción (mm)
					Superficie	Perímetro	Volumen	Superficie lateral				
0.1	E	0.1	0.1	0.1	P-1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
					P-2	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
					P-3	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
					P-4	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	

Grupo	Eje	D	h	L	Superficie (cm²)		Perímetro (cm)		Volumen (cm³)		Absorción (g/cm²)	Absorción (mm)
					Superficie	Perímetro	Volumen	Superficie lateral				
0.2	E	0.2	0.2	0.2	P-1	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
					P-2	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
					P-3	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
					P-4	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	



Elaborado por: *[Firma]* Jefe de Laboratorio

Revisado por: *[Firma]* MTL GEOTECNIA S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos

Aprobado por: *[Firma]* MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	PORTOCHON1
	DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS CONCRETOS DE CEMENTO HIDRÁULICO	Analista	I
	MONTAÑO	Revisado	CG/MTL
		Fecha	26/10/2025
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO			
ASTM C1585			
REFERENCIA	Cruce de obra: C/ Chaguanillo Cochac Drahten - C/ Casapalca Pisco Pastor		
PROYECTO	Cantidad de cemento por metro cúbico y su efecto en la permeabilidad del concreto: 250 kg/m ³ para espesuras menores (Lima - 2020)		
TIPO DE ENSAYO	LTA		

ENSAYO DE ABSORCIÓN EN CONCRETOS DE CEMENTO HIDRÁULICO

1) Información general:
 Pruebas realizadas: 5 Fecha de inicio: 23/10/2025
 Módulo de ensayo: 20 cm

2) Propiedades geométricas/Tipos de ensayo:

Prueba	DIN	Grupos				Tipos				Área	Volumen	Superficie
		Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
P-1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P-2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P-3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P-4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P-5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P-6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P-7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P-8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P-9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P-10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

3) Registro de datos en el tiempo:

Prueba	DIN	Grupos	Tipos	LÍNEA DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LA PRUEBA				Área	Volumen	Superficie
				Gr1	Gr2	Gr3	Gr4			
P-1	100	100	100	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	100	100	100
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
				Gr1	Gr2	Gr3	Gr4			
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
P-2	100	100	100	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	100	100	100
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
				Gr1	Gr2	Gr3	Gr4			
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
P-3	100	100	100	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	100	100	100
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
				Gr1	Gr2	Gr3	Gr4			
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
P-4	100	100	100	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	100	100	100
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
				Gr1	Gr2	Gr3	Gr4			
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
P-5	100	100	100	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	100	100	100
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
				Gr1	Gr2	Gr3	Gr4			
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
P-6	100	100	100	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	100	100	100
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
				Gr1	Gr2	Gr3	Gr4			
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
P-7	100	100	100	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	100	100	100
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
				Gr1	Gr2	Gr3	Gr4			
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
P-8	100	100	100	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	100	100	100
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
				Gr1	Gr2	Gr3	Gr4			
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
P-9	100	100	100	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	100	100	100
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
				Gr1	Gr2	Gr3	Gr4			
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
P-10	100	100	100	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4	100	100	100
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			
				Gr1	Gr2	Gr3	Gr4			
				Tip1	Tip2	Tip3	Tip4			



Área total (mm²)	232.50
Área de absorción (mm²)	232.50

<p>Elaborado por:</p> <p>Jefe de Laboratorio</p>	<p>Revisado por:</p> <p>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p>	<p>Aprobado por:</p> <p>CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA</p>
--	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Edifica	FORMA 08-001
	DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE ABSORCION DE LOS CONCRETOS DE CEMENTO HIDRAULICO		Resolución	
			Acuerdo	00/01
			Fecha	20/10/20
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO				
ATM 0105				
REFERENCIA	Orden de fabricación			
CLIENTE	Chilofluides Cuzco Construcción - Casapoma Pisco Javier			
TIPO DE ENSAYO	Determinación de absorción por método volante y a vacío en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidrúlicas. Límite - 2020			
UBICACION	Límite			

ENSAYO DE ABSORCIÓN EN CONCRETOS DE CEMENTO HIDRAULICO

1) Información general
 Proyecto: / Fecha de inicio: 20/10/20
 No: 02 / No: 02
 Fase: / No: 02

2) Propiedades geométricas del ensayo

Pared	Espesor	Eje X				Eje Y				Superficie	Volumen	Peso	Densidad
		Min	Max	Med	Desv	Min	Max	Med	Desv				
P-1	100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
P-2	100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
P-3	100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
P-4	100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
P-5	100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
P-6	100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

3) Registro de datos en el tiempo

Lote	Espesor	Superficie	Volumen	Absorción		Densidad	Peso
				Volante	Vacío		
1	100	10000	1000000	P-1	0.0000	0.0000	0.0000
				P-2	0.0000	0.0000	0.0000
				P-3	0.0000	0.0000	0.0000
				P-4	0.0000	0.0000	0.0000
				P-5	0.0000	0.0000	0.0000
				P-6	0.0000	0.0000	0.0000
2	100	10000	1000000	P-1	0.0000	0.0000	0.0000
				P-2	0.0000	0.0000	0.0000
				P-3	0.0000	0.0000	0.0000
				P-4	0.0000	0.0000	0.0000
				P-5	0.0000	0.0000	0.0000
				P-6	0.0000	0.0000	0.0000
3	100	10000	1000000	P-1	0.0000	0.0000	0.0000
				P-2	0.0000	0.0000	0.0000
				P-3	0.0000	0.0000	0.0000
				P-4	0.0000	0.0000	0.0000
				P-5	0.0000	0.0000	0.0000
				P-6	0.0000	0.0000	0.0000
4	100	10000	1000000	P-1	0.0000	0.0000	0.0000
				P-2	0.0000	0.0000	0.0000
				P-3	0.0000	0.0000	0.0000
				P-4	0.0000	0.0000	0.0000
				P-5	0.0000	0.0000	0.0000
				P-6	0.0000	0.0000	0.0000



Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C. Socios Concreto Asfalto 	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC
--------------------	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	PORT-TC-001-001
	DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS CONCRETOS DE CEMENTO HIDRATADO	Alcance	1
		Fecha	22/02/2016
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO			
ASAC CRETE			

REFERENCIA: Plan de Mejoramiento de la Calidad - Comité de Calidad - Documentos Plan de Mejoramiento de la Calidad
 NORMATIVA: Norma Técnica E.060 - Especificación de Cemento Portland Tipo 1
 BASES: Resolución de la Comisión de Normas Técnicas N.º 001-2009-CONATEC
 UBICACIÓN: Lima

1) Información general:
 Programa: 6
 Nivel de ensayo: 20/10/2016
 Fecha: 23/02/2016

2) Propiedades geométricas/físicas del ensayo:

Pista	Masa	Especimen				Ensayo				Módulo	Área	Volumen	Densidad
		Ø	h	V _{teórico}	V _{real}	Ø	h	V _{teórico}	V _{real}				
P-1	3000	100	100	1000	1000	100	100	1000	1000	100	100	1000	1000
P-2	3000	100	100	1000	1000	100	100	1000	1000	100	100	1000	1000
P-3	3000	100	100	1000	1000	100	100	1000	1000	100	100	1000	1000
P-4	3000	100	100	1000	1000	100	100	1000	1000	100	100	1000	1000
P-5	3000	100	100	1000	1000	100	100	1000	1000	100	100	1000	1000

Registro de datos en el tiempo:

Módulo	Ø	h	ENSAJO DE VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE MATERIALES				Módulo	Ø	h	ENSAJO DE VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE MATERIALES			
			Pista	Masa	A masa	W/m³				Pista	Masa	A masa	W/m³
1	100	100	P-1	3000	100	1000	1	100	100	P-1	3000	100	1000
			P-2	3000	100	1000				P-2	3000	100	1000
			P-3	3000	100	1000				P-3	3000	100	1000
			P-4	3000	100	1000				P-4	3000	100	1000
			P-5	3000	100	1000				P-5	3000	100	1000
2	100	100	P-1	3000	100	1000	2	100	100	P-1	3000	100	1000
			P-2	3000	100	1000				P-2	3000	100	1000
			P-3	3000	100	1000				P-3	3000	100	1000
			P-4	3000	100	1000				P-4	3000	100	1000
			P-5	3000	100	1000				P-5	3000	100	1000
3	100	100	P-1	3000	100	1000	3	100	100	P-1	3000	100	1000
			P-2	3000	100	1000				P-2	3000	100	1000
			P-3	3000	100	1000				P-3	3000	100	1000
			P-4	3000	100	1000				P-4	3000	100	1000
			P-5	3000	100	1000				P-5	3000	100	1000



Elaborado por: <i>[Signature]</i> Jefe de Laboratorio	Revisado por: <i>[Signature]</i> Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: <i>[Signature]</i> CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	RDK-1152-001
	DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS CONCRETOS DE CEMENTO HIDRAULICO		Apellidos	E
			Actividad	Control
			Fecha	20/11/2019
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO				
Jorge Cruz				
Referencia: Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Materiales y Estructuras - Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Referencia: Sustitución de cemento por cenizas volantes y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 Agente 2 para estructuras Modulares Linea - 2000 Ubicación: Lima				

1) Información general
 Fecha de recepción: 01/11/2019
 Fecha de emisión: 20/11/2019
 Edad calculada: 28 días

2) Propiedades geométricas del ensayo:

Pulsos	Frec.	CATEGORÍA DE PULSOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN EN CONCRETOS									
		Cemento					Cenizas				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P-1	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
P-2	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
P-3	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
P-4	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
P-5	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
P-6	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
P-7	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
P-8	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
P-9	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
P-10	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

3) Registro de datos en el tiempo:

Módulo	Frec.	Pulsos	VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS CONCRETOS				Absorción	Área
			1	2	3	4		
1	2000	1000	P-1	1000	1000	1000	0.000	0.000
			P-2	1000	1000	1000	0.000	0.000
			P-3	1000	1000	1000	0.000	0.000
			P-4	1000	1000	1000	0.000	0.000
			P-5	1000	1000	1000	0.000	0.000
			P-6	1000	1000	1000	0.000	0.000
			P-7	1000	1000	1000	0.000	0.000
			P-8	1000	1000	1000	0.000	0.000
			P-9	1000	1000	1000	0.000	0.000
			P-10	1000	1000	1000	0.000	0.000



Elaborado por: [Signature]

Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C. *Ingeniero de Control de Calidad*
 Elmer Alejandro Huamani
 Ingeniero de Bases y Pavimentos

Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC
CONTROL DE CALIDAD
 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FORM-TC-2007
	DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS CONCRETOS DE CEMENTO HIDRÁULICO	Edificio	1
		Estado	CO-MTL
		Fecha	20/05/2008
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO			
ASPM 0101			
REFERENCIA	Código de proyecto		
SOCIETARIA	Compañía S.A. Construcción Civil S.A. - Construcción Puente Javier		
USOS	Estructura de concreto por método columnas y vigas ubicada en la periferia del proyecto 280 Agrícola para construcciones habitacionales, Lima - 2008		
ESPECIFICACION	Norma		

ENSAYO DE ABSORCIÓN EN CONCRETOS DE CEMENTO HIDRÁULICO

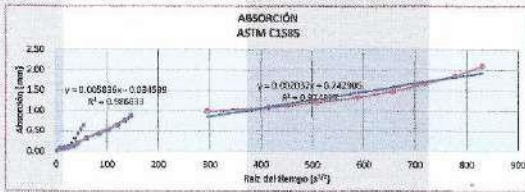
1) Información general
 Fecha de ensayo: 20/05/2008
 Hora de ensayo: 10:30 AM
 Ubicación: 280 Agrícola

2) Propiedades generalizadas del ensayo

Lote	Código	Espesor (mm)	Área (cm²)		Volumen (cm³)	Densidad (kg/cm³)	Peso (kg)	Temperatura (°C)		Humedad (%)	Absorción (%)	Influencia
			Superficie	Lateral				Ambiente	Agua			
F-1	P-1	50	100	100	1250	2.4	300	20	20	0.00	0.00	280 Agrícola
	P-2	50	100	100	1250	2.4	300	20	20	0.00	0.00	
	P-3	50	100	100	1250	2.4	300	20	20	0.00	0.00	

3) Registro de datos en el tiempo

Lote	Código	Espesor (mm)	Área (cm²)		Volumen (cm³)	Densidad (kg/cm³)	Peso (kg)	Temperatura (°C)		Humedad (%)	Absorción (%)	Influencia
			Superficie	Lateral				Ambiente	Agua			
F-1	P-1	50	100	100	1250	2.4	300	20	20	0.00	0.00	280 Agrícola
	P-2	50	100	100	1250	2.4	300	20	20	0.00	0.00	
	P-3	50	100	100	1250	2.4	300	20	20	0.00	0.00	



Elaborado por: [Firma] Jefe de Laboratorio

Revisado por: [Firma] Ingeniero de Suavos y Pavimentos

Aprobado por: [Firma] MTL GEOTECNIA SAC Central de Control de Calidad

Anexo 14: Profundidad de penetración y coeficiente de permeabilidad a los 28 días en a/c = 0.47 y 0.50



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN	Código	FOR-LAB-CO-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	21/10/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 NTC 4483

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Chuquiwaraca Concha Cristhien - Crisostomo Paucar Javier
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm2 para estructuras hidráulicas, Lima - 2020
UBICACIÓN	: Lima, Perú

Fecha de emisión: 21/10/2020

Diseño : 0.47 Patrón 0%
 Presión aplicado : 0.5 Mpa
 Tiempo : 4 días

Probetas	Longitud de la muestra	Area transversal	Tiempo de ensayo	Porosidad	Profundidad de penetración máxima	Coefficiente de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad promedio
	(m)	(m ²)	(s)	(%)	(m)	(m/s)	(m/s)
a/c = 0.47							
1	0.203	0.018	345600.000	1.517	0.040	4.12E-11	4.55E-11
2	0.202	0.018	345600.000	1.431	0.040	4.87E-11	
3	0.202	0.018	345600.000	1.454	0.038	4.12E-11	
4	0.202	0.018	345600.000	1.403	0.040	4.88E-11	
5	0.202	0.018	345600.000	1.458	0.040	4.66E-11	
6	0.203	0.018	345600.000	1.375	0.039	4.87E-11	

k = coeficiente de permeabilidad en m/s
 D = profundidad de penetración en m
 T = tiempo para penetrar en días en s
 h = cabeza de presión en m
 v = porosidad abierta al agua ASTM C - 642

$$K = \frac{D^2 \cdot v}{2 T h}$$

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C 	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN	Código	FOR-LAB-CO-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	21/10/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTC 4483

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Chuquihuara Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020
UBICACIÓN	: Lima, Perú

Fecha de emisión: 21/10/2020

Diseño : 0.47 - 5% Ceniza Volante
Presión aplicado : 0.5 Mpa
Tiempo : 4 días

Probetas	Longitud de la muestra	Area transversal	Tiempo de ensayo	Porosidad	Profundidad de penetración máxima	Coefficiente de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad promedio
	(m)	(m ²)	(s)	(%)	(m)	(m/s)	(m/s)
a/c = 0.47							
1	0.203	0.018	345600	1.40	0.035	1.84E-11	1.56E-11
2	0.202	0.018	345600	1.36	0.034	1.74E-11	
3	0.202	0.018	345600	1.39	0.035	1.56E-11	
4	0.202	0.018	345600	1.39	0.034	1.36E-11	
5	0.202	0.018	345600	1.37	0.036	1.78E-11	
6	0.203	0.018	345600	1.35	0.035	1.10E-11	

k = coeficiente de permeabilidad en m/s
D = profundidad de penetración en m
T = tiempo para penetrar en días en s
h = cabeza de presión en m
v = porosidad abierta al agua ASTM C - 642

$$K = \frac{D^2 \cdot v}{2 T h}$$

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN	Código	FOR-LAB-CO-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	21/10/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTC 4483

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Chuquiuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm2 para estructuras hidráulicas, Lima - 2020
UBICACIÓN	: Lima, Perú

Fecha de emisión: 21/10/2020

Diseño : 0.47 - 10% Ceniza Volante
Presión aplicado : 0.5 Mpa
Tiempo : 4 días

Probetas	Longitud de la muestra	Área transversal	Tiempo de ensayo	Porosidad	Profundidad de penetración máxima	Coefficiente de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad promedio
	(m)	(m ²)	(s)	(%)	(m)	(m/s)	(m/s)
a/c = 0.47							
1	0.203	0.018	345600	1.40	0.027	9.87E-13	9.46E-13
2	0.203	0.018	345600	1.39	0.028	9.47E-13	
3	0.202	0.018	345600	1.33	0.029	9.32E-13	
4	0.202	0.018	345600	1.32	0.027	9.47E-13	
5	0.202	0.018	345600	1.41	0.028	9.48E-13	
6	0.202	0.018	345600	1.39	0.026	9.12E-13	

k = coeficiente de permeabilidad en m/s
D = profundidad de penetración en m
T = tiempo para penetrar en días en s
h = cabeza de presión en m
v = porosidad abierta al agua ASTM C - 642

$$K = \frac{D^2 \cdot v}{2 T h}$$

OBSERVACIONES:

* Prohíbese la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN	Código	FOR-LAB-CO-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	21/10/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTC 4483

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	Fecha de emisión:	21/10/2020
SOLICITANTE	: Chuquiuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier		
YESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020		
UBICACIÓN	: Lima, Perú		

Diseño : 0.47 - 15% Ceniza Volante
Presión aplicado : 0.5 Mpa
Tiempo : 4 días

Probas	Longitud de la muestra	Area transversal	Tiempo de ensayo	Porosidad	Profundidad de penetración máxima	Coefficiente de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad promedio
	(m)	(m ²)	(s)	(%)	(m)	(m/s)	(m/s)
a/c = 0.47							
1	0.202	0.018	345600	1.42	0.022	7.87E-13	7.63E-13
2	0.203	0.018	345600	1.40	0.023	7.47E-13	
3	0.203	0.018	345600	1.39	0.024	7.14E-13	
4	0.203	0.018	345600	1.36	0.023	7.99E-13	
5	0.202	0.018	345600	1.24	0.024	7.47E-13	
6	0.202	0.018	345600	1.34	0.023	7.87E-13	

k = coeficiente de permeabilidad en m/s
D = profundidad de penetración en m
T = tiempo para penetrar en días en s
h = cabeza de presión en m
v = porosidad abierta al agua ASTM C - 642

$$K = \frac{D^2 \cdot v}{2 T h}$$

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C. 	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN	Código	FOR-LAB-CO-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	21/10/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTC 4483

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Chuquiuraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020
UBICACIÓN	: Lima, Perú
Fecha de emisión: 21/10/2020	

Diseño : 0.50 - Patrón 0%
Presión aplicado : 0.5 Mpa
Tiempo : 4 días

Probetas	Longitud de la muestra	Area transversal	Tiempo de ensayo	Porosidad	Profundidad de penetración máxima	Coefficiente de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad promedio
	(m)	(m ²)	(s)	(%)	(m)	(m/s)	(m/s)
a/c = 0.50							
1	0.203	0.018	345600	2.02	0.045	9.78E-11	9.63E-11
2	0.202	0.018	345600	2.38	0.045	9.12E-11	
3	0.202	0.018	345600	2.38	0.048	9.58E-11	
4	0.202	0.018	345600	2.39	0.047	9.65E-11	
5	0.202	0.018	345600	2.41	0.046	9.87E-11	
6	0.203	0.018	345600	2.44	0.470	9.78E-11	

k = coeficiente de permeabilidad en m/s
D = profundidad de penetración en m
T = tiempo para penetrar en días en s
h = cabezas de presión en m
v = porosidad abierta al agua ASTM C - 642

$$K = \frac{D^2 \cdot v}{2 T h}$$

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN	Código	FOR-LAB-CO-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	21/10/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTC 4483

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Chuquihuareca Concha Crsthan - Crisostomo Paucar Javier
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm2 para estructuras hidráulicas, Lima - 2020
UBICACIÓN	: Lima, Perú
<i>Fecha de emisión:</i> 21/10/2020	

Diseño : 0.50 - 5% Ceniza Volante
Presión aplicada : 0.5 Mpa
Tiempo : 4 días

Probetas	Longitud de la muestra	Área transversal	Tiempo de ensayo	Porosidad	Profundidad de penetración máxima	Coefficiente de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad promedio
	(m)	(m ²)	(s)	(%)	(m)	(m/s)	(m/s)
<i>a/c = 0.50</i>							
1	0.203	0.018	345600	1.92	0.033	3.58E-11	3.62E-11
2	0.202	0.018	345600	1.95	0.035	3.57E-11	
3	0.202	0.018	345600	1.94	0.034	3.95E-11	
4	0.202	0.018	345600	1.91	0.032	3.79E-11	
5	0.202	0.018	345600	1.93	0.035	3.12E-11	
6	0.203	0.018	345600	1.91	0.038	3.68E-11	

k = coeficiente de permeabilidad en m/s
D = profundidad de penetración en m
T = tiempo para penetrar en días en s
h = cabeza de presión en m
v = porosidad abierta al agua ASTM C - 642

$$K = \frac{D^2 \cdot v}{2 T h}$$

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN	Código	FOR-LAB-CO-016
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	21/10/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTC 4483

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Chuquiuaraca Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/cm ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020
UBICACIÓN	: Lima, Perú

Fecha de emisión: 21/10/2020

Diseño : 0.5 - 10% Ceniza Volante
 Presión aplicado : 0.5 Mpa
 Tiempo : 4 días

Probetas	Longitud de la muestra	Area transversal	Tiempo de ensayo	Porosidad	Profundidad de penetración máxima	Coefficiente de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad promedio
	(m)	(m ²)	(s)	(%)	(m)	(m/s)	(m/s)
a/c = 0.50							
1	0.203	0.018	345600	1.90	0.027	8.47E-13	8.42E-13
2	0.203	0.018	345600	1.82	0.028	8.23E-13	
3	0.202	0.018	348600	1.91	0.029	8.10E-13	
4	0.202	0.018	349600	1.89	0.027	8.98E-13	
5	0.202	0.018	345600	1.90	0.026	8.26E-13	
6	0.202	0.018	345600	1.86	0.026	8.47E-13	

k = coeficiente de permeabilidad en m/s
 D = profundidad de penetración en m
 T = tiempo para penetrar en días en s
 h = cabeza de presión en m
 v = porosidad abierta al agua ASTM C - 942

$$K = \frac{D^2 \cdot v}{2Th}$$

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN	Código	FOR-LAB-CO-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	21/10/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTC 4483

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Chuquihuara Concha Cristhian - Crisostomo Paucar Javier
TESIS	: Sustitución de cemento por ceniza volante y su efecto en la permeabilidad del concreto 280 kg/m ² para estructuras hidráulicas, Lima - 2020
UBICACIÓN	: Lima, Perú

Fecha de emisión: 21/10/2020

Diseño : 0.50 - 15% Ceniza Volante
Presión aplicada : 0.5 Mpa
Tiempo : 4 días

Probetas	Longitud de la muestra	Área transversal	Tiempo de ensayo	Porosidad	Profundidad de penetración máxima	Coefficiente de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad promedio
	(m)	(m ²)	(s)	(%)	(m)	(m/s)	(m/s)
a/c = 0.50							
1	0.202	0.018	345600	1.85	0.020	4.78E-13	4.65E-13
2	0.203	0.018	345600	1.72	0.018	4.76E-13	
3	0.203	0.018	345600	1.71	0.019	4.98E-13	
4	0.203	0.018	345600	1.66	0.020	4.39E-13	
5	0.202	0.018	345600	1.71	0.021	4.98E-13	
6	0.202	0.018	346600	1.23	0.021	4.00E-13	

k = coeficiente de permeabilidad en m/s
D = profundidad de penetración en m
T = tiempo para penetrar en días en s
h = cabeza de presión en m
v = porosidad abierta al agua ASTM C - 642

$$K = \frac{D^2 \cdot v}{2 T h}$$

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 15: Documentos normativos de los ensayos del laboratorio.

American Society for Testing and Materials (ASTM) C – 642. Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete



Designation: C 642 – 97

Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete¹

This standard is issued under the fixed designation C 642; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the determinations of density, percent absorption, and percent voids in hardened concrete.

1.2 The text of this test method references notes and footnotes which provide explanatory information. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of this standard.

2. Significance and Use

2.1 This test method is useful in developing the data required for conversions between mass and volume for concrete. It can be used to determine conformance with specifications for concrete and to show differences from place to place within a mass of concrete.

3. Apparatus

3.1 *Balance*, sensitive to 0.025 % of the mass of the specimen.

3.2 *Container*, suitable for immersing the specimen and suitable wire for suspending the specimen in water.

4. Test Specimen

4.1 Whenever possible, the sample shall consist of several individual portions of concrete, each to be tested separately. The individual portions may be pieces of cylinders, cores, or beams of any desired shape or size, except that the volume of each portion shall be not less than 350 cm³ (or for normal weight concrete, approximately 800 g); and each portion shall be free from observable cracks, fissures, or shattered edges.

5. Procedure

5.1 *Oven-Dry Mass*—Determine the mass of the portions, and dry in an oven at a temperature of 100 to 110°C for not less than 24 h. After removing each specimen from the oven, allow it to cool in dry air (preferably in a desiccator) to a temperature of 20 to 25°C and determine the mass. If the specimen was comparatively dry when its mass was first determined, and the second mass closely agrees with the first, consider it dry. If the

specimen was wet when its mass was first determined, place it in the oven for a second drying treatment of 24 h and again determine the mass. If the third value checks the second, consider the specimen dry. In case of any doubt, redry the specimen for 24-h periods until check values of mass are obtained. If the difference between values obtained from two successive values of mass exceeds 0.5 % of the lesser value, return the specimens to the oven for an additional 24-h drying period, and repeat the procedure until the difference between any two successive values is less than 0.5 % of the lowest value obtained. Designate this last value *A*.

5.2 *Saturated Mass After Immersion*—Immerse the specimen, after final drying, cooling, and determination of mass, in water at approximately 21°C for not less than 48 h and until two successive values of mass of the surface-dried sample at intervals of 24 h show an increase in mass of less than 0.5 % of the larger value. Surface-dry the specimen by removing surface moisture with a towel, and determine the mass. Designate the final surface-dry mass after immersion *B*.

5.3 *Saturated Mass After Boiling*—Place the specimen, processed as described in 5.2, in a suitable receptacle, covered with tap water, and boil for 5 h. Allow it to cool by natural loss of heat for not less than 14 h to a final temperature of 20 to 25°C. Remove the surface moisture with a towel and determine the mass of the specimen. Designate the soaked, boiled, surface-dried mass *C*.

5.4 *Immersed Apparent Mass*—Suspend the specimen, after immersion and boiling, by a wire and determine the apparent mass in water. Designate this apparent mass *D*.

6. Calculation

6.1 By using the values for mass determined in accordance with the procedures described in Section 5, make the following calculations:

$$\text{Absorption after immersion, \%} = [(B - A)/A] \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Absorption after immersion and boiling, \%} = [(C - A)/A] \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Bulk density, dry} = [A/(C - D)]\rho = g_1 \quad (3)$$

$$\text{Bulk density after immersion} = [B/(C - D)]\rho \quad (4)$$

$$\text{Bulk density after immersion and boiling} = [C/(C - D)]\rho \quad (5)$$

$$\text{Apparent density} = [A/(A - D)]\rho = g_2 \quad (6)$$

$$\text{Volume of permeable pore space (voids), \%} = (g_2 - g_1)/g_2 \times 100 \quad (7)$$

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.69 on Miscellaneous Tests.

Current edition approved Jan. 10, 1997. Published March 1997. Originally published as C 642 – 69 T. Last previous edition C 642 – 90.

$$\text{or } (C - A)/(C - D) \times 100$$

where:

- A = mass of oven-dried sample in air, g
- B = mass of surface-dry sample in air after immersion, g
- C = mass of surface-dry sample in air after immersion and boiling, g
- D = apparent mass of sample in water after immersion and boiling, g
- g_1 = bulk density, dry, Mg/m^3 and
- g_2 = apparent density, Mg/m^3
- ρ = density of water = $1 \text{ Mg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$.

7. Example

- 7.1 Assume a sample having the following characteristics:
 - 7.1.1 Mass of the solid part of the specimen = 1000 g.
 - 7.1.2 Total volume of specimen (including solids, "permeable" voids, and "impermeable" voids) = 600 cm^3 .
 - 7.1.3 Absolute density of solid part of specimen = 2.0 Mg/m^3 .
 - 7.1.4 Void space in specimen contains initially only air (no water).
- 7.2 Then, it follows that there are 500 cm^3 of solids and 100 cm^3 of voids making up the specimen, and the void content is $1/6 = 16.67\%$.
- 7.3 Assume that on immersion 90 mL of water is absorbed.
- 7.4 Assume that after immersion and boiling 95 mL of water is absorbed.
- 7.5 Based on the assumptions given in 7.1-7.4 above, the data that would be developed from the procedures given in Section 5 would be as follows:
 - 7.5.1 Oven-dry mass, $A = 1000 \text{ g}$.
 - 7.5.2 Mass in air after immersion, $B = 1090 \text{ g}$.
 - 7.5.3 Mass in air after immersion and boiling, $C = 1095 \text{ g}$.
 - 7.5.4 Apparent mass in water after immersion and boiling, $D = 495 \text{ g}$.

NOTE 1—Since loss of mass in water is equal to mass of displaced water, and volume of specimen = 600 cm^3 , mass of specimen in water after immersion and boiling is $1095 - 600 = 495 \text{ g}$.

7.6 By using the data given above to perform the calculations described in Section 6, the following results will be obtained (Note 2):

$$\begin{aligned} \text{Absorption after immersion, \%} &= [(B - A)/A] \times 100 \\ &= [(1090 - 1000)/1000] \times 100 \\ &= 9.0 \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned} \text{Absorption after immersion and boiling, \%} &= [(C - A)/A] \times 100 \\ &= [(1095 - 1000)/1000] \times 100 \\ &= 9.5 \end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned} \text{Bulk density, dry} &= [A/(C - D)]\rho \\ &= [1000/(1095 - 495)] \times 1 \\ &= 1.67 \text{ Mg/m}^3 \end{aligned}$$

$$= g_1 \tag{10}$$

$$\begin{aligned} \text{Bulk density after immersion} &= [B/(C - D)]\rho \\ &= [1090/(1095 - 495)] \times 1 \\ &= 1.82 \end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned} \text{Bulk density after immersion and boiling} &= [C/(C - D)]\rho \\ &= [1095/(1095 - 495)] \times 1 \\ &= 1.83 \text{ Mg/m}^3 \end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{aligned} \text{Apparent density} &= [A/(A - D)]\rho \\ &= [1000/(1000 - 495)] \times 1 \\ &= 1.98 \text{ Mg/m}^3 \\ &= g_2 \end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume of permeable voids, \%} &= [(g_2 - g_1)/g_2] \times 100 = [(1.98 - 1.67)/1.98] \times 100 \\ &= 15.8, \text{ or } [(C - A)/(C - D)] \times 100 \\ &= [(1095 - 1000)/(1095 - 495)] \times 100 = 15.7 \end{aligned} \tag{14}$$

NOTE 2—This test method does not involve a determination of absolute density. Hence, such pore space as may be present in the specimen that is not emptied during the specified drying or is not filled with water during the specified immersion and boiling or both is considered "impermeable" and is not differentiated from the solid portion of the specimen for the calculations, especially those for percent voids. In the example discussed it was assumed that the absolute density of the solid portion of the specimen was 2.0 Mg/m^3 , the total void space was 16.67% , and the impermeable void space was 5 cm^3 . The operations, if performed, and the calculations, if performed as described, have the effect of assuming that there are 95 cm^3 of pore space and 505 cm^3 of solids, and indicate that the solid material, therefore, has an apparent density of 1.98 rather than the absolute density of 2.00 Mg/m^3 and the specimen has a percentage of voids of 15.8 rather than 16.67.

Depending on the pore size distribution and the pore entry radii of the concrete and on the purposes for which the test results are desired, the procedures of this test method may be adequate, or they may be insufficiently rigorous. In the event that it is desired to fill more of the pores than will be filled by immersion and boiling, various techniques involving the use of vacuum treatment or increased pressures may be used. If a rigorous measure of total pore space is desired, this can only be obtained by determining absolute density by first reducing the sample to discrete particles, each of which is sufficiently small so that no impermeable pore space can exist within any of the particles. If the absolute density were determined and designated g_3 , then:

$$\begin{aligned} \text{Total void volume, \%} &= (g_3 - g_1)/g_3 \times 100 \\ &= (2.00 - 1.67)/2.00 \times 100 = 16.5 \end{aligned} \tag{15}$$


8. Precision and Bias

8.1 *Precision*—At present there are insufficient data available to justify attempting to develop a precision statement for this test method.

8.2 *Bias*—Bias for this test method cannot be determined since there is no reference standard available for comparison.

9. Keywords

- 9.1 absorption; concrete-hardened; density; voids

 C 642 – 97

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9685 (phone), 610-832-9655 (fax), or service@astm.org (e-mail), or through the ASTM website (www.astm.org).

American Society for Testing and Materials (ASTM) ASTM C 1585 – 04.
Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes.



Designation: C 1585 – 04

Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic- Cement Concretes¹

This standard is issued under the fixed designation C 1585; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method is used to determine the rate of absorption (sorptivity) of water by hydraulic cement concrete by measuring the increase in the mass of a specimen resulting from absorption of water as a function of time when only one surface of the specimen is exposed to water. The exposed surface of the specimen is immersed in water and water ingress of unsaturated concrete dominated by capillary suction during initial contact with water.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

C 31/C 31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

C 42/C 42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete

C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C 192/C 192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory

C 642 Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete

C 1005 Specification for Reference Masses and Devices for Determining Mass and Volume for Use in the Physical Testing of Hydraulic Cements

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.66 on Resistance to Fluid Penetration.

Current edition approved Feb. 1, 2004. Published March 2004.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

3. Terminology

3.1 For definitions of terms used in this standard, refer to Terminology C 125.

4. Significance and Use

4.1 The performance of concrete subjected to many aggressive environments is a function, to a large extent, of the penetrability of the pore system. In unsaturated concrete, the rate of ingress of water or other liquids is largely controlled by absorption due to capillary rise. This test method is based on that developed by Hall³ who called the phenomenon "water sorptivity."

4.2 The water absorption of a concrete surface depends on many factors including: (a) concrete mixture proportions; (b) the presence of chemical admixtures and supplementary cementitious materials; (c) the composition and physical characteristics of the cementitious component and of the aggregates; (d) the entrained air content; (e) the type and duration of curing; (f) the degree of hydration or age; (g) the presence of microcracks; (h) the presence of surface treatments such as sealers or form oil; and (i) placement method including consolidation and finishing. Water absorption is also strongly affected by the moisture condition of the concrete at the time of testing.

4.3 This method is intended to determine the susceptibility of an unsaturated concrete to the penetration of water. In general, the rate of absorption of concrete at the surface differs from the rate of absorption of a sample taken from the interior. The exterior surface is often subjected to less than intended curing and is exposed to the most potentially adverse conditions. This test method is used to measure the water absorption rate of both the concrete surface and interior concrete. By drilling a core and cutting it transversely at selected depths, the absorption can be evaluated at different distances from the exposed surface. The core is drilled vertically or horizontally.

4.4 This test method differs from Test Method C 642 in which the specimens are oven dried, immersed completely in

³ Hall, C., "Water Sorptivity of Mortars and Concretes. A Review," *Magazine of Concrete Research*, Vol. 41, No. 147, June 1989, pp. 51-61.

water at 21°C, and then boiled under water for 5 h. In this test method, only one surface is exposed to water at room temperature while the other surfaces are sealed simulating water absorption in a member that is in contact with water on one side only. Test Method C 642, on the other hand, is used to estimate the maximum amount of water that can be absorbed by a dry specimen and therefore provides a measure of the total, water permeable pore space.

5. Apparatus

5.1 *Pan*, a watertight polyethylene or other corrosion-resistant pan large enough to accommodate the test specimens with the surfaces to be tested exposed to water.

5.2 *Support Device*, rods, pins, or other devices, which are made of materials resistant to corrosion by water or alkaline solutions, and which allow free access of water to the exposed surface of the specimen during testing. Alternatively, the specimens can be supported on several layers of blotting paper or filter papers with a total thickness of at least 1 mm.

5.3 *Top-pan Balance*, complying with Specification C 1005 and with sufficient capacity for the test specimens and accurate to at least ± 0.01 g.

5.4 *Timing Device*, stop watch or other suitable timing device accurate to ± 1 s.

5.5 *Paper Towel or Cloth*, for wiping excess water from specimen surfaces.

5.6 *Water-Cooled Saw*, with diamond impregnated blade to cut test specimens from larger samples.

5.7 *Environmental Chamber*, a chamber allowing for air circulation and able to maintain a temperature of $50 \pm 2^\circ\text{C}$ and a relative humidity at $80 \pm 3\%$. Alternatively, an oven able to maintain a temperature of $50 \pm 2^\circ\text{C}$ and a desiccator large enough to contain the specimens to be tested is permitted. The relative humidity (RH) is controlled in the desiccator at $80 \pm 0.5\%$ by a saturated solution of potassium bromide. The solubility of potassium bromide is 80.2 g/100 g of water at 50°C. The solution shall be maintained at the saturation point for the duration of the test. The presence of visible crystals in the solution provides acceptable evidence of saturation.

5.8 *Polyethylene Storage Containers*, with sealable lids, large enough to contain at least one test specimen but not larger than 5 times the specimen volume.

5.9 *Caliper*, to measure the specimen dimensions to the nearest 0.1 mm.

6. Reagents and Materials

6.1 *Potassium Bromide, Reagent Grade*, required if the oven and desiccator system described in 5.7 is used.

6.2 *Sealing Material*, strips of low permeability adhesive sheets, epoxy paint, vinyl electrician's tape, duct tape, or aluminium tape. The material shall not require a curing time longer than 10 minutes.

6.3 *Plastic Bag or Sheeting*, any plastic bag or sheeting that could be attached to the specimen to control evaporation from the surface not exposed to water. An elastic band is required to keep the bag or sheeting in place during the measurements.

7. Test Specimens

7.1 The standard test specimen is a 100 ± 6 mm diameter disc, with a length of 50 ± 3 mm. Specimens are obtained from either molded cylinders according to Practices C 31/C 31M or C 192/C 192M or drilled cores according to Test Method C 42/C 42M. The cross sectional area of a specimen shall not vary more than 1 % from the top to the bottom of the specimen. When cores are taken, they should be marked (see Note 1) so that the surface to be tested relative to the original location in the structure is clearly indicated.

NOTE 1—The surface to be exposed during testing shall not be marked or otherwise disturbed in such a manner as may modify the absorption rate of the specimen.

7.2 The average test results on at least 2 specimens (Note 2) shall constitute the test result. The test surfaces shall be at the same distance from the original exposed surface of the concrete.

NOTE 2—Concrete is not a homogeneous material. Also, an exterior surface of a concrete specimen seldom has the same porosity as the interior concrete. Therefore, replicate measurements are taken on specimens from the same depth to reduce the scatter of the data.

8. Sample Conditioning

8.1 Place test specimens in the environmental chamber at a temperature of $50 \pm 2^\circ\text{C}$ and RH of $80 \pm 3\%$ for 3 days. Alternatively, place test specimens in a desiccator inside an oven at a temperature of $50 \pm 2^\circ\text{C}$ for 3 days. If the desiccator is used, control the relative humidity in the desiccator with a saturated solution of potassium bromide (see 5.7), but do not allow test specimens to contact the solution.

NOTE 3—To control the RH using the potassium bromide solution, the solution should be placed in the bottom of the desiccator, to ensure the largest surface of evaporation possible.

8.2 After the 3 days, place each specimen inside a sealable container (as defined in 5.8). Use a separate container for each specimen. Precautions must be taken to allow free flow of air around the specimen by ensuring minimal contact of the specimen with the walls of the container.

8.3 Store the container at $23 \pm 2^\circ\text{C}$ for at least 15 days before the start of the absorption procedure.

NOTE 4—Storage in the sealed container for at least 15 days results in equilibration of the moisture distribution within the test specimens and has been found³ to provide internal relative humidities of 50 to 70 %. This is similar to the relative humidities found near the surface in some field structures.^{5,6}

9. Procedure

9.1 Remove the specimen from the storage container and record the mass of the conditioned specimen to the nearest 0.01 g before sealing of side surfaces.

³ Brutz D. P., Ehlen M. A., Ferraris C. F., and Winpigler J. A., "Service Life Prediction Based on Sorptivity for Highway Concrete Exposed to Sulfate Attack and Freeze-Thaw Conditions," FHWA-RD-01-162, 2001.

⁵ DeSouza S. J., Hooton R. D., and Bickley J. A., "Evaluation of Laboratory Drying Procedures Relevant to Field Conditions for Concrete Sorptivity Measurements," *Cement Concrete Aggr.* 19, (2), Dec 1997, pp. 59-63.

⁶ DeSouza S. J., Hooton R. D., and Bickley J. A., "A Field Test for Evaluating High Performance Concrete Covercrete Quality," *Can J Civil Eng.* 25, (3), Jun 1998, pp. 551-556.

9.2 Measure at least four diameters of the specimen at the surface to be exposed to water. Measure the diameters to the nearest 0.1 mm and calculate the average diameter to the nearest 0.1 mm.

9.3 Seal the side surface of each specimen with a suitable sealing material. Seal the end of the specimen that will not be exposed to water using a loosely attached plastic sheet (see 6.2). The plastic sheet can be secured using an elastic band or other equivalent system (see Fig. 1).

9.4 Use the procedure below to determine water absorption as a function of time. Conduct the absorption procedure at $23 \pm 2^\circ\text{C}$ with tap water conditioned to the same temperature.

9.5 Absorption Procedure:

9.5.1 Measure the mass of the sealed specimen to the nearest 0.01 g and record it as the initial mass for water absorption calculations.

9.5.2 Place the support device at the bottom of the pan and fill the pan with tap water so that the water level is 1 to 3 mm above the top of the support device. Maintain the water level 1 to 3 mm above the top of the support device for the duration of the tests.

NOTE 5—One method for keeping the water level constant is to install a water-filled bottle upside down such that the bottle opening is in contact with the water at the desired level.

9.5.3 Start the timing device and immediately place the test surface of the specimen on the support device (see Fig. 1). Record the time and date of initial contact with water.

9.5.4 Record the mass at the intervals shown in Table 1 after first contact with water. Using the procedure in 9.5.5, the first point shall be at 60 ± 2 s and the second point at $5 \text{ min} \pm 10$ s. Subsequent measurements shall be within ± 2 min of 10 min, 20 min, 30 min, and 60 min. The actual time shall be recorded to within ± 10 s. Continue the measurements every hour, ± 5 min, up to 6 h, from the first contact of the specimen with water and record the time within ± 1 min. After the initial 6 h, take measurements once a day up to 3 days, followed by 3 measurements at least 24 h apart during days 4 to 7; take a

final measurement that is at least 24 h after the measurement at 7 days. The actual time of measurements shall be recorded within ± 1 min. This will result in seven data points for contact time during days 2 through 8. Table 1 gives the target times of measurements and the tolerances for the times.

9.5.5 For each mass determination, remove the test specimen from the pan, stop the timing device if the contact time is less than 10 min, and blot off any surface water with a dampened paper towel or cloth. After blotting to remove excess water, invert the specimen so that the wet surface does not come in contact with the balance pan (to avoid having to dry the balance pan). Within 15 s of removal from the pan, measure the mass to the nearest 0.01 g. Immediately replace the specimen on the support device and restart the timing device.

10. Calculations

10.1 The absorption, I , is the change in mass divided by the product of the cross-sectional area of the test specimen and the density of water. For the purpose of this test, the temperature dependence of the density of water is neglected and a value of 0.001 g/mm^3 is used. The units of I are mm.

$$I = \frac{m_t}{a d} \quad (1)$$

where:

I = the absorption,

m_t = the change in specimen mass in grams, at the time t ,

a = the exposed area of the specimen, in mm^2 , and

d = the density of the water in g/mm^3 .

10.2 The initial rate of water absorption ($\text{mm/s}^{1/2}$) is defined as the slope of the line that is the best fit to I plotted against the square root of time ($s^{1/2}$). Obtain this slope by using least-squares, linear regression analysis of the plot of I versus $\text{time}^{1/2}$. For the regression analysis, use all the points from 1 min to 6 h, excluding points for times after the plot shows a clear change of slope. If the data between 1 min and 6 h do not follow a linear relationship (a correlation coefficient of less

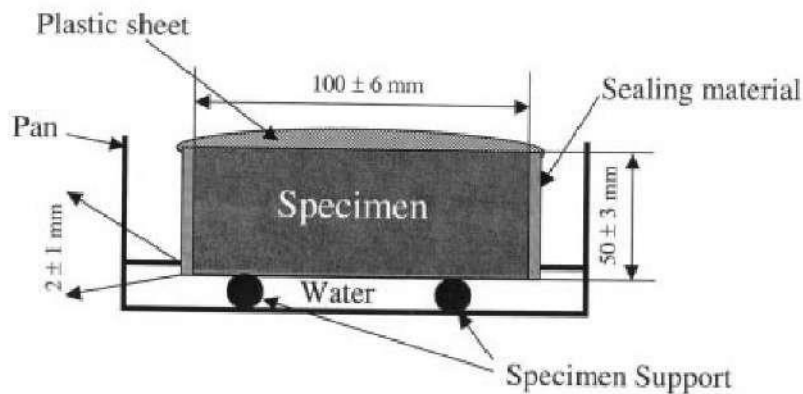


FIG. 1 Schematic of the Procedure

TABLE 1 Times and Tolerances for the Measurements Schedule

Time:	60 s	5 min	10 min	20 min	30 min	60 min	Every hour up to 6 h	Once a day up to 3 days	Day 4 to 7 3 measurements 24 h apart	Day 7 to 9 1 (one) measurement
Tolerance:	2 s	10 s	2 min	2 min	2 min	2 min	5 min	2 h	2 h	2 h

than 0.98) and show a systematic curvature, the initial rate of absorption cannot be determined.

NOTE 6—Appendix X1 gives an example of absorption data and the results of regression analysis.

10.3 The secondary rate of water absorption ($\text{mm/s}^{1/2}$) is defined as the slope of the line that is the best fit to I plotted against the square root of time ($s^{1/2}$) using all the points from 1 d to 7 d . Use least-square linear regression to determine the slope. If the data between 1 d and 7 d do not follow a linear relationship (a correlation coefficient of less than 0.98) and show a systematic curvature, the secondary rate of water absorption cannot be determined.

11. Report

11.1 Report the following:

- 11.1.1 Date when concrete was sampled or cast,
- 11.1.2 Source of sample,
- 11.1.3 Relevant background information on sample such as mixture proportions, curing history, type of finishing, and age, if available,
- 11.1.4 Dimensions of specimen before sealing,
- 11.1.5 Mass of specimen before and after sealing,

11.1.6 A plot of absorption, I in mm versus square root of time in $s^{1/2}$,

11.1.7 The average initial rate of water absorption calculated to the nearest $0.1 \times 10^{-4} \text{ mm/s}^{1/2}$ and the individual initial absorption rates for the two or more specimens, and

11.1.8 The average secondary rate of water absorption calculated to the nearest $0.1 \times 10^{-4} \text{ mm/s}^{1/2}$ and the individual absorption rates of the two or more specimens tested.

12. Precision and Bias

12.1 *Precision*—The repeatability coefficient of variation has been determined to be 6.0 % in preliminary measurements for the absorption as measured by this test method for a single laboratory and single operator. An interlaboratory program is being organized to develop the repeatability and reproducibility values.

12.2 *Bias*—The test method has no bias because the rate of water absorption determined can only be defined in terms of the test method.

13. Keywords

13.1 concrete; initial rate of water absorption; mortar; rate of absorption; secondary rate of water absorption

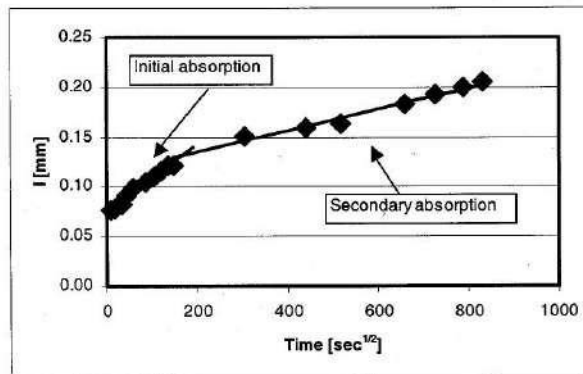
APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. EXAMPLE RATE OF WATER ABSORPTION TEST

TABLE X1.1 Example of Data Collected and Calculations

Test Time		$\sqrt{\text{Time}}$ (s ^{1/2})	Mass (g)	Δ Mass (g)	Δ Mass/area/density of water = <i>I</i> (mm)
Days	s				
	0	0	761.83	0.00	0.0000
	60	8	762.45	0.62	0.0765
	300	17	762.46	0.63	0.0777
	600	24	762.48	0.65	0.0802
	1200	35	762.50	0.67	0.0826
	1800	42	762.57	0.74	0.0913
	3600	60	762.63	0.80	0.0987
	7200	85	762.68	0.85	0.1048
	10800	104	762.73	0.90	0.1110
	14400	120	762.77	0.94	0.1159
	18000	134	762.81	0.98	0.1209
	21600	147	762.82	0.99	0.1221
1	92220	304	763.05	1.22	0.1505
2	193200	440	763.12	1.29	0.1591
3	268500	518	763.15	1.32	0.1628
5	432000	657	763.31	1.48	0.1826
6	527580	726	763.39	1.56	0.1924
7	622200	789	763.45	1.62	0.1999
8	691200	831	763.5	1.67	0.2060



Calculations:

Initial Absorption:

$$I = S_1 \sqrt{t} + b \text{ (points measured up to 6 h are used)}$$

The initial rate of absorption is $S_1 = 3.5 \times 10^{-4} \text{ mm}/\sqrt{\text{s}}$ $r = 0.99$

Secondary Absorption:

$$I = S_2 \sqrt{t} + b \text{ (points measured after the first day are used)}$$

The secondary rate of absorption is: $S_2 = 1.1 \times 10^{-4} \text{ mm}/\sqrt{\text{s}}$

FIG. X1.1 Example of Plot of The Data Shown in Table X1.1

 C 1585 – 04

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

American Society for Testing and Materials (ASTM) ASTM C 618 – 03. Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete



Designation: C 618 – 03

Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete¹

This standard is issued under the fixed designation C 618; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope *

1.1 This specification covers coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete where cementitious or pozzolanic action, or both, is desired, or where other properties normally attributed to fly ash or pozzolans may be desired, or where both objectives are to be achieved.

NOTE 1—Finely divided materials may tend to reduce the entrained air content of concrete. Hence, if a fly ash or natural pozzolan is added to any concrete for which entrainment of air is specified, provision should be made to ensure that the specified air content is maintained by air content tests and by use of additional air-entraining admixture or use of an air-entraining admixture in combination with air-entraining hydraulic cement.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes, which provide explanatory information. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates²

C 311 Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete²

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 The terms used in this specification are defined in Terminology C 125.

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.24 on Supplementary Cementitious Materials.

Current edition approved Jan. 10, 2003. Published February 2003. Originally approved in 1968. Last previous edition approved in 2002 as C 618–02.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

3.1.2 *fly ash*—the finely divided residue that results from the combustion of ground or powdered coal and that is transported by flue gasses.

NOTE 2—This definition of fly ash does not include, among other things, the residue resulting from: (1) the burning of municipal garbage or any other refuse with coal; (2) the injection of lime directly into the boiler for sulfur removal; or (3) the burning of industrial or municipal garbage in incinerators commonly known as “incinerator ash.”

4. Classification

4.1 *Class N*—Raw or calcined natural pozzolans that comply with the applicable requirements for the class as given herein, such as some diatomaceous earths; opaline cherts and shales; tuffs and volcanic ashes or pumicites, calcined or uncalcined; and various materials requiring calcination to induce satisfactory properties, such as some clays and shales.

4.2 *Class F*—Fly ash normally produced from burning anthracite or bituminous coal that meets the applicable requirements for this class as given herein. This class of fly ash has pozzolanic properties.

4.3 *Class C*—Fly ash normally produced from lignite or subbituminous coal that meets the applicable requirements for this class as given herein. This class of fly ash, in addition to having pozzolanic properties, also has some cementitious properties.

NOTE 3—Some Class C fly ashes may contain lime contents higher than 10 %.

5. Ordering Information

5.1 The purchaser shall specify any supplementary optional physical requirements.

5.2 The purchaser shall indicate which procedure, A or B, shall be used when specifying requirements for effectiveness in contribution to sulfate resistance under Table 3.

6. Chemical Composition

6.1 Fly ash and natural pozzolans shall conform to the requirements as to chemical composition prescribed in Table 1.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.



Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete¹

This standard is issued under the fixed designation C 618; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope *

1.1 This specification covers coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete where cementitious or pozzolanic action, or both, is desired, or where other properties normally attributed to fly ash or pozzolans may be desired, or where both objectives are to be achieved.

NOTE 1—Finely divided materials may tend to reduce the entrained air content of concrete. Hence, if a fly ash or natural pozzolan is added to any concrete for which entrainment of air is specified, provision should be made to ensure that the specified air content is maintained by air content tests and by use of additional air-entraining admixture or use of an air-entraining admixture in combination with air-entraining hydraulic cement.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes, which provide explanatory information. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates²

C 311 Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete²

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 The terms used in this specification are defined in Terminology C 125.

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.24 on Supplementary Cementitious Materials.

Current edition approved Jan. 10, 2003. Published February 2003. Originally approved in 1968. Last previous edition approved in 2002 as C 618–02.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

3.1.2 *fly ash*—the finely divided residue that results from the combustion of ground or powdered coal and that is transported by flue gasses.

NOTE 2—This definition of fly ash does not include, among other things, the residue resulting from: (1) the burning of municipal garbage or any other refuse with coal; (2) the injection of lime directly into the boiler for sulfur removal; or (3) the burning of industrial or municipal garbage in incinerators commonly known as “incinerator ash.”

4. Classification

4.1 *Class N*—Raw or calcined natural pozzolans that comply with the applicable requirements for the class as given herein, such as some diatomaceous earths; opaline cherts and shales; tuffs and volcanic ashes or pumicites, calcined or uncalcined; and various materials requiring calcination to induce satisfactory properties, such as some clays and shales.

4.2 *Class F*—Fly ash normally produced from burning anthracite or bituminous coal that meets the applicable requirements for this class as given herein. This class of fly ash has pozzolanic properties.

4.3 *Class C*—Fly ash normally produced from lignite or subbituminous coal that meets the applicable requirements for this class as given herein. This class of fly ash, in addition to having pozzolanic properties, also has some cementitious properties.

NOTE 3—Some Class C fly ashes may contain lime contents higher than 10 %.

5. Ordering Information

5.1 The purchaser shall specify any supplementary optional physical requirements.

5.2 The purchaser shall indicate which procedure, A or B, shall be used when specifying requirements for effectiveness in contribution to sulfate resistance under Table 3.

6. Chemical Composition

6.1 Fly ash and natural pozzolans shall conform to the requirements as to chemical composition prescribed in Table 1.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

TABLE 3 Supplementary Optional Physical Requirements

NOTE 1—These optional requirements apply only when specifically requested.

	Class		
	N	F	C
Multiple factor, calculated as the product of loss on ignition and fineness, amount retained when wet-sieved on 45- μ m (No. 325) sieve, max, % ^a	—	265	—
Increase of drying shrinkage of mortar bars at 28 days, max, difference, in %, over control ^b	0.03	0.03	0.03
Uniformity Requirements: In addition, when air-entraining concrete is specified, the quantity of air-entraining agent required to produce an air content of 18.0 vol % of mortar shall not vary from the average established by the ten preceding tests or by all preceding tests if less than ten, by more than, %	20	20	20
Effectiveness in Controlling Alkali-Silica Reaction ^c Expansion of test mixture as percentage of low-alkali cement control, at 14 days, max, %	100	100	100
Effectiveness in Contributing to Sulfate Resistance ^d Procedure A: Expansion of test mixture: For moderate sulfate exposure after 6 months exposure, max, % For high sulfate exposure after 6 months exposure, max, %	0.10 0.05	0.10 0.05	0.10 0.05
Procedure B: Expansion of test mixture as a percentage of sulfate resistance cement control after at least 6 months exposure, max, %	100	100	100

^a Applicable only for Class F fly ash since the loss on ignition limitations predominate for Class C.
^b Determination of compliance or noncompliance with the requirement relating to increase in drying shrinkage will be made only at the request of the purchaser.
^c Fly ash or natural pozzolans meeting this requirement are considered as effective in controlling alkali aggregate reactions as the use of the low-alkali control cement used in the evaluation. However, the fly ash or natural pozzolan shall be considered effective only when used at percentages by mass of the total cementitious material equal to or exceeding that used in the tests and when the alkali content of the cement to be used does not exceed that used in the tests by more than 0.05 %. See Appendix XI, Test Methods C 311.
^d Fly ash or natural pozzolan shall be considered effective only when the fly ash or natural pozzolan is used at percentages, by mass, of the total cementitious material within 2 % of those that are successful in the test mixtures or between two percentages that are successful, and when the C₃A content of the project cement is less than, or equal to, that which was used in the test mixtures. See Appendix X2 of Test Method C 311.

weight of the material contained therein, shall be plainly marked on each package. Similar information shall be provided in the shipping invoices accompanying the shipment of packaged or bulk material.

12. Keywords

12.1 fly ash; natural pozzolan; pozzolans

SUMMARY OF CHANGES

This section identifies the location of changes to this specification that have been incorporated since the last issue, C 618-02.

- (1) Added new note Note 4 to 6.1.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9685 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
4483**

1998-09-23

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.
CONCRETOS. METODO DE ENSAYO PARA
DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
AL AGUA**



E: CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE. CONCRETES
TEST METHOD FOR DETERMINATION OF PERMEABILITY

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: concreto; hormigón; determinación de
permeabilidad.

I.C.S.: 91.100.30

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 4483 fue ratificada por el Consejo Directivo de 1998-09-23

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 369901 "Concreto, mortero y agregados" de la Secretaría Técnica de Normalización de ASOCRETO.

AGRECON	GRUPO DIAMANTE SAMPER
ASOCRETO	HOLDERBANK
BASF QUÍMICA	ICPC
COMPAÑÍA DE CEMENTOS ARGOS S.A.	KORN WALDMAND
CONCRETOS PREMEZCLADOS S.A.	LABORATORIOS CONCRELAB
CONSTRUCTORA COLPATRIA	LABORATORIOS DE INGENIERÍA URBAR
E.A.A.B.	SIKA NADINA S.A.
ECOPETROL	TUBESA S.A.

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ÁRIDOS DE ANTIOQUIA	MANUFACTURAS DE CEMENTO TITÁN
CEMENTOS BOYACÁ S.A.	MTB-TECNOCONCRETO S. A.
CENTRO DE METROLOGÍA SIC	SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
CONCRETO S.A.	TOXEMENT S. A.
DIRIMPEX LTDA.	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA	
INGEYMA	

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.
CONCRETOS. METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR
LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO AL AGUA**

0. INTRODUCCION

El paso del agua a través de una estructura de concreto genera dos problemas en la construcción, el primero la pérdida del líquido, la cual puede tener un efecto contaminante o no, dependiendo de la naturaleza del mismo; el segundo el ingreso al concreto de agentes agresivos disueltos en el agua que conducen, con el tiempo, al deterioro de la estructura.

Existen dos formas bien diferenciadas de circulación del agua a través del concreto:

Permeabilidad al agua: es un fenómeno por el cual se produce el movimiento del agua a través del concreto, como consecuencia de una presión exterior, que se genera, la mayoría de las veces por la altura del nivel del agua sobre el punto considerado. Aquí, si la red de capilares del concreto es muy fina, debido a diámetros muy pequeños de los capilares, el caudal de circulación resulta despreciable.

Absorción capilar: en el proceso de absorción capilar, el líquido que se encuentra en contacto con el concreto no saturado, y que penetra en él por absorción capilar, lo hace con mayor velocidad a medida que el diámetro de los capilares sea mayor. Por lo tanto, para que un concreto sea impermeable la red capilar debe ser muy fina, pero por otra parte, entre más fina sea la red capilar mayor es la absorción del concreto.

En la práctica, y muy frecuentemente, es de mayor interés conocer el grado de absorción y la porosidad de un concreto, que la permeabilidad; especialmente cuando se trata de una estructura que va a estar sometida al ataque de sustancias agresivas, disueltas en el agua. La determinación del coeficiente de permeabilidad (K), es de interés cuando se espera una presión hidrostática importante.

1. OBJETO

Este método comprende la determinación, en el laboratorio, del coeficiente de permeabilidad (K) del concreto endurecido por dos métodos: flujo constante y profundidad de penetración. El primero se usa para la determinación del coeficiente de permeabilidad de concretos de alta permeabilidad y el segundo en concretos que, por su diseño, composición y características, son de muy baja permeabilidad. La Tabla 1 establece los parámetros de clasificación de los concretos aplicables a los dos métodos relacionados.

Cualquiera de los dos métodos de ensayo es aplicable tanto a especímenes moldeados en el laboratorio o en la obra, como a núcleos extraídos de una estructura.

Tabla 1. Relación de la permeabilidad del concreto con el coeficiente de permeabilidad y la profundidad de penetración

Determinación	Unidades	Permeabilidad		
		Baja	Media	Alta
Coefficiente de permeabilidad al agua	m/s	$< 10^{-12}$	10^{-12} a 10^{-10}	$> 10^{-10}$
Profundidad de penetración	mm	< 30	30 a 60	> 60

2. ALCANCE Y USO

El ensayo para determinar el coeficiente de permeabilidad K, implica ejercer sobre la cara del espécimen una presión equivalente a 0,5 MPa (50 m de agua). Es claro que, en la mayoría de los casos, supera en mucho la presión de servicio de la estructura. La justificación consiste en que al evaluar K a presiones mucho menores, el tiempo de ensayo se prolonga demasiado, haciendo poco práctico el ensayo.

Una vez determinado K, de acuerdo al método propuesto, se puede emplear, posteriormente, junto con la presión de servicio real, bien sea para comprobar el adecuado dimensionamiento de los diferentes elementos, en el caso de una estructura nueva; o bien para determinar la profundidad de penetración del agua, para un tiempo dado, en una estructura ya construida, lo que indica al diseñador la suficiencia de la misma o la necesidad de aplicar un recubrimiento impermeable extra sobre su superficie.

3. DISPOSITIVO DE ENSAYO

El dispositivo de ensayo comprende cualquier tipo de aparato cuyo funcionamiento sea similar al de la Figura 1. Se trata de una celda compuesta por dos platos, con orificios centrales. Sobre los platos se encuentran adheridos unos empaques, los cuales forman un sello contra la filtración del agua a presión.

Entre los dos platos se coloca un espécimen de ensayo, al cual se ajustan los anillos ejerciendo presión mediante el mecanismo previsto para ello. El agua actúa a presión sobre una de las caras del espécimen y, dependiendo de la permeabilidad del concreto, alcanza o no la cara opuesta, al terminar el tiempo previsto de ensayo.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4483

Nota 1. Es recomendable que el dispositivo de ensayo disponga de una probeta graduada, la cual almacena el agua que va a permear el concreto, de esta manera se puede controlar, con mínima pérdida y máxima precisión, el caudal en el ensayo de flujo constante.

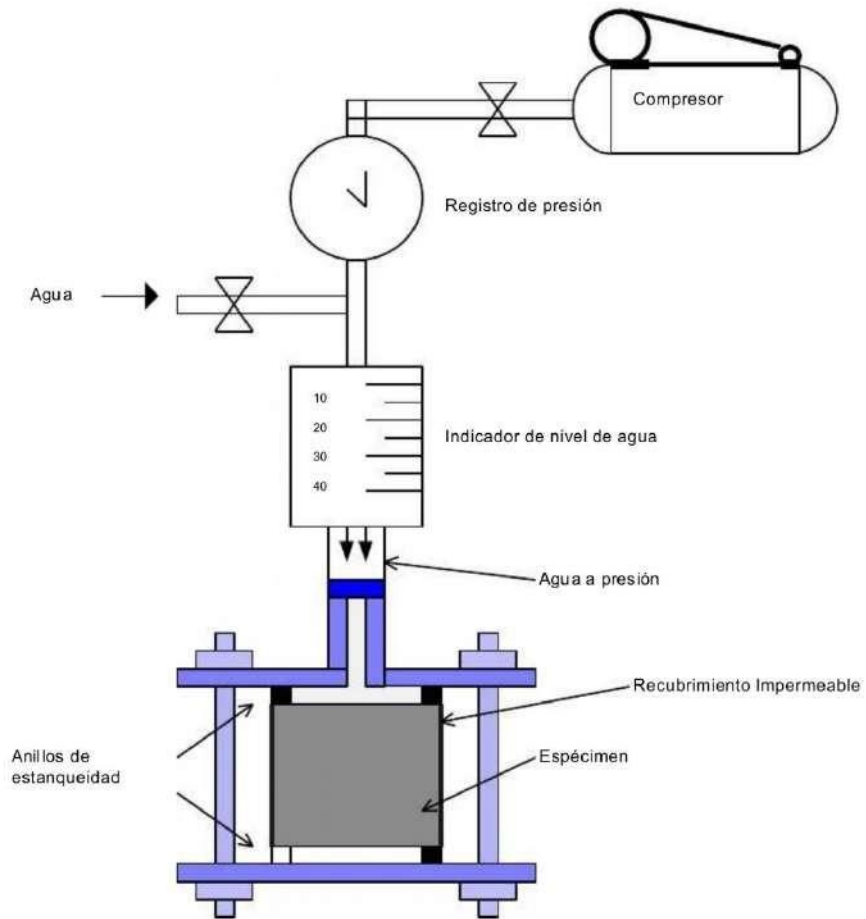


Figura 1. Dispositivo de ensayo

4. ESPECÍMENES DE ENSAYO

El ensayo debe realizarse sobre especímenes cilíndricos cuyo diámetro sea como mínimo de 100 mm y su altura de por lo menos 100 mm. Se debe determinar tanto el diámetro como la altura del espécimen previamente al ensayo de permeabilidad.

Se deben evaluar por lo menos tres especímenes en cada ensayo, de forma que se puedan descartar valores dispersos. Cuando el ensayo tenga por fin establecer comparativos entre varios concretos, debe evaluarse la permeabilidad, en lo posible, sobre especímenes de iguales dimensiones.

5. PREPARACION Y ALMACENAMIENTO DE LOS ESPECÍMENES

5.1 PREPARACIÓN

Los especímenes se elaboran y se curan de acuerdo con la NTC 1377 (ASTM C192). Los núcleos se extraen y se almacenan de acuerdo con la NTC 3658 (ASTM C42). Se debe retirar por medios mecánicos (grata, buzarda), la capa superficial de cemento y/o mortero de ambas caras de los especímenes elaborados para evitar lecturas erróneas de permeabilidad, las cuales se dan cuando el agua empieza a atravesar la superficie de afinado del espécimen, la cual tiene comúnmente características diferentes a las del interior del espécimen.

Cuando se cortan con un disco diamantado, núcleos y especímenes cilíndricos de altura mayor a la requerida para el ensayo, la superficie de corte debe prepararse, antes del ensayo, de igual manera a lo descrito en el párrafo anterior, ya que el corte colmata a menudo los poros del concreto.

La superficie lateral de los especímenes, así como un pequeño sector circular de la cara sobre la cual va a trabajar el agua a presión (generalmente el área que va a cubrir el empaque), se recubren con una capa gruesa de pintura epóxica, para evitar la penetración de agua por las mismas y garantizar un flujo unidireccional estable.

5.2 EDAD DE LOS ESPECÍMENES

Tanto los especímenes elaborados para el ensayo de permeabilidad, y los núcleos, deben tener una edad superior a 28 d cuando se les practique el ensayo de permeabilidad. En función de especificaciones particulares, otras edades pueden ser elegidas.

Nota 2. Se recomienda tener en cuenta que la aplicación de presiones muy grandes a especímenes de concreto muy jóvenes, que no han desarrollado aún suficiente resistencia mecánica, puede dar lugar a microfisuras que conducen a valores falsos de permeabilidad.

6. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

6.1 DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD POR FLUJO CONSTANTE

El ensayo se realiza llevando a la celda de ensayo el espécimen o el núcleo y aplicando sobre una de sus caras horizontales una presión de 0,5 MPa durante 4 d. Una vez saturado el espécimen, e iniciado el flujo por la cara opuesta, se hacen mediciones sucesivas de caudal, hasta verificar que dicho flujo se ha hecho constante.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4483

Una vez se establece flujo constante, se determina el volumen de agua que atraviesa el espécimen en un tiempo determinado, bien sea haciendo mediciones de nivel de agua en la probeta graduada o midiendo el flujo en un recipiente contra el tiempo. Una vez se ha determinado el caudal, dividiendo el volumen de agua en la unidad de tiempo, se procede a calcular el coeficiente de permeabilidad del concreto mediante la ecuación (1).

$$K = \frac{\rho L g Q}{PA} \quad (1)$$

Donde:

K	=	coeficiente de permeabilidad en m/s
ρ	=	densidad del agua en kg/m ³
L	=	longitud del espécimen en m
g	=	aceleración de la gravedad en m/s ²
Q	=	caudal de agua en m ³ /s
P	=	presión del agua en N/m ²
A	=	área transversal del espécimen en m ²

La aplicación de la presión debe hacerse en el sentido del vaciado del concreto, a excepción de los ensayos sobre núcleos, donde generalmente no es posible cumplir con este requisito, en caso de que al terminar el período de ensayo determinado, aún no se ha producido flujo constante, o no a aparecido agua en la cara opuesta del espécimen, se procede a determinar el coeficiente de permeabilidad del concreto de acuerdo con la medición de la profundidad de penetración.

6.2 DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE PENETRACION

Una vez cumplidos los 4 d sin haber registrado flujo constante, inmediatamente se secciona el espécimen perpendicularmente a la cara sobre la cual se aplicó la presión de agua y se mide la profundidad promedio de penetración. El ensayo de tracción indirecta (véase la NTC 722 (ASTM C496)) es normalmente el método más adecuado para seccionar el espécimen.

Una vez se ha determinado la profundidad promedio de penetración, es posible deducir el coeficiente de permeabilidad por medio de la ecuación (2).

$$K = \frac{D^2 v}{2Th} \quad (2)$$

Donde:

K	=	coeficiente de permeabilidad en m/s
D	=	profundidad de penetración en m
T	=	tiempo para penetrar la profundidad D en s
h	=	cabeza de presión en m
v	=	porosidad del concreto en ensayo determinada mediante la norma ASTM C-642.

Nota 3. La condición necesaria para que la profundidad de penetración se pueda convertir en un coeficiente de permeabilidad, es que el flujo sea unidireccional. Para que esto se cumpla, se requiere que la profundidad de penetración sea considerablemente más pequeña que el diámetro del espécimen. Esto conlleva a que en concretos de alta permeabilidad, la profundidad de penetración no se pueda convertir en un coeficiente de permeabilidad.

El grado de permeabilidad del concreto se relaciona con el coeficiente de permeabilidad y la profundidad de penetración como se muestra en la Tabla 1. Véase el numeral 2.

7. APÉNDICE

7.1 NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen disposiciones de esta norma. En el momento de la publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización, los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas a continuación:

NTC 722:1996, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para la determinación de la resistencia a la tensión indirecta de especímenes cilíndricos de concreto (ASTM C496)

NTC 1377:1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio. (ASTM C192).

NTC 3658:1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas (ASTM C42).

ASTM C642:1990, Test Method for Specific Gravity, Absorption and Voids in Hardened Concrete.

Anexo A (Informativo)

Equivalencias

Con el fin de una mejor comprensión de la naturaleza del ensayo y las presiones que se usan para determinar K, se listan a continuación algunas equivalencias de unidades de presión.

1 kgf/cm ²	=	0,0981 N/mm ²
1 Mpa	=	1 N/mm ²
1 kgf/cm ²	=	10 m H ₂ O
1 Mpa	=	102 m H ₂ O

CAPÍTULO 4 REQUISITOS DE DURABILIDAD

4.0 ALCANCE

Esta Norma no incluye disposiciones para las condiciones de exposición especialmente severas, tales como la exposición a ácidos o a altas temperaturas, ni cubre condiciones estéticas tales como el acabado de las superficies del concreto. Estas condiciones, que están fuera del alcance de esta Norma, deberán estar cubiertas de manera particular en las especificaciones del proyecto.

Los componentes del concreto y sus proporciones deben ser seleccionados de manera que se pueda cumplir con los requisitos mínimos establecidos en esta Norma y con los requisitos adicionales de los documentos del proyecto.

4.1 RELACIÓN AGUA - MATERIAL CEMENTANTE

4.1.1 Las relaciones agua-material cementante especificadas en las Tablas 4.2 y 4.4 se calculan usando el peso del cemento que cumpla con la NTP 334.009, 334.082, 334.090 ó 334.156, más el peso de las cenizas volantes y otras puzolanas que cumplan con la NTP 334.104, el peso de la escoria que cumpla con la Norma ASTM C 989 y la microsílíce que cumpla con la NTP 334.087, si las hay. Cuando el concreto esté expuesto a productos químicos descongelantes, en 4.2.3 se limita adicionalmente la cantidad de ceniza volante, puzolana, microsílíce, escoria o la combinación de estos materiales.

4.2 EXPOSICIÓN A CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO

4.2.1 Los concretos de peso normal y los de pesos livianos expuestos a condiciones de congelamiento y deshielo o a productos químicos descongelantes deben tener aire incorporado, con el contenido total de aire indicado en la Tabla 4.1. La tolerancia en el contenido total de aire incorporado debe ser de $\pm 1,5\%$. Para concretos con $f'c$ mayor de 35 MPa, se puede reducir el aire incorporado indicado en la Tabla 4.1 en 1%.

**TABLA 4.1
CONTENIDO TOTAL DE AIRE PARA CONCRETO RESISTENTE AL CONGELAMIENTO O**

Tamaño máximo nominal del agregado* (mm)	Contenido de aire (en porcentaje)	
	Exposición severa	Exposición moderada
9,5	7,5	6,0
12,5	7,0	5,5
19,0	6,0	5,0
25,0	6,0	4,5
37,5	5,5	4,5
50,0**	5,0	4,0
75,0***	4,5	3,5

* Véase la Norma ASTM C 33 para las tolerancias en agregados de mayor tamaño para diversos tamaños nominales máximos.

** Estos contenidos de aire se aplican a la mezcla total, al igual que para los tamaños precedentes de agregado. Sin embargo, al ensayar estos concretos, se retira el agregado mayor de 37,5 mm sacándolo con la mano o mediante cribado y se determina el contenido de aire en la fracción de la mezcla de menos de 37,5 mm (la tolerancia en el contenido de aire incorporado se aplica a este valor). El contenido de aire de la mezcla total se calcula a partir del valor determinado en la fracción de menos de 37,5 mm.

En la Tabla 4.1, una exposición severa es cuando, en un clima frío, el concreto puede estar en contacto casi constante con la humedad antes de congelarse o cuando se emplean sales descongelantes. Ejemplos de esto son pavimentos, tableros de puentes, aceras, estacionamientos, y tanques para agua.

Una exposición moderada es cuando, en clima frío, el concreto esté expuesto ocasionalmente a humedad antes de congelarse y cuando no se usen sales descongelantes. Ejemplos de esto son algunos muros exteriores, vigas y losas que no están en contacto directo con el suelo.

- 4.2.2 Los concretos expuestos a las condiciones especiales de exposición señaladas en la Tabla 4.2 deben cumplir con las relaciones máximas agua-material cementante y con la resistencia mínima f^c señaladas en ésta. Además, el concreto que va estar expuesto a productos químicos descongelantes debe cumplir con las limitaciones indicadas en 4.2.3.

TABLA 4.2
REQUISITOS PARA CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICIÓN

Condición de la exposición	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal *	f^c mínimo (MPa) para concretos de peso normal o con agregados ligeros*
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	0,50	28
Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	0,45	31
Para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen.	0,40	35

* Cuando se utilicen las Tablas 4.2 y 4.4 simultáneamente, se debe utilizar la menor relación máxima agua-material cementante aplicable y el mayor f^c mínimo.

- 4.2.3 Para concretos que van a estar expuestos a productos químicos descongelantes, el peso máximo de las cenizas volantes, otras puzolanas, microsílíce o las escorias incluidas en el concreto, no debe exceder los porcentajes respecto al peso total de materiales cementantes dados en la Tabla 4.3.

TABLA 4.3
REQUISITOS PARA CONCRETO EXPUESTO A PRODUCTOS QUÍMICOS DESCONGELANTES

Materiales cementantes	Porcentaje Máximo del total de materiales cementantes en peso*
Cenizas volantes u otras puzolanas que cumplen la NTP 334.104	25
Escoria que cumple ASTM C 989	50
Microsílíce que cumple la NTP 334.087	10
Total de cenizas volantes u otras puzolanas, escoria y microsílíce.	50**
Total de cenizas volantes u otras puzolanas y microsílíce	35**

* El total de materiales cementantes también incluye cementos de acuerdo a las NTP 334.009, 334.082, 334.090 y 334.156.

Los porcentajes máximos indicados incluyen:

- Las cenizas volantes u otras puzolanas presentes en cementos adicionados tipo IP o I(PM), según las NTP 334.082 ó 334.090.
- La escoria usada en la fabricación de cementos adicionados tipo IS o I(SM), según las NTP 334.082 ó 334.090.
- El humo de sílice, según la NTP 334.087, presente en cementos adicionados

** Las cenizas volantes u otras puzolanas y la microsílíce no deben constituir más del 25% y 10%, respectivamente, del peso total de materiales cementantes.

4.3 EXPOSICIÓN A SULFATOS

4.3.1 El concreto que va a estar expuesto a soluciones o suelos que contengan sulfatos debe cumplir con los requisitos de la Tabla 4.4. El concreto debe estar hecho con un cemento que proporcione resistencia a los sulfatos y que tenga una relación agua-material cementante máxima y un f_c mínimo según la Tabla 4.4.

Además de la selección apropiada del cemento, son esenciales otros requisitos para lograr concretos durables expuestos a concentraciones de sulfatos, tales como: baja relación agua - material cementante, resistencia, adecuado contenido de aire, bajo asentamiento, adecuada compactación, uniformidad, recubrimiento adecuado del refuerzo y suficiente curado húmedo para desarrollar las propiedades potenciales del concreto.

TABLA 4.4
REQUISITOS PARA CONCRETO EXPUESTO A SOLUCIONES DE SULFATOS

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO_4) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO_4) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal ^a	f_c mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero [*]
Insignificante	$0,0 \leq SO_4 < 0,1$	$0 \leq SO_4 < 150$	—	—	—
Moderada ^{**}	$0,1 \leq SO_4 < 0,2$	$150 \leq SO_4 < 1500$	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severa	$0,2 \leq SO_4 < 2,0$	$1500 \leq SO_4 < 10000$	V	0,45	31
Muy severa	$2,0 < SO_4$	$10000 < SO_4$	Tipo V más puzolana ^{***}	0,45	31

^a Cuando se utilicen las Tablas 4.2 y 4.4 simultáneamente, se debe utilizar la menor relación máxima agua-material cementante aplicable y el mayor f_c mínimo.

^{**} Se considera el caso del agua de mar como exposición moderada.

^{***} Puzolana que se ha comprobado por medio de ensayos, o por experiencia, que mejora la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen cemento tipo V.

4.3.2 El cloruro de calcio no debe emplearse como aditivo en concretos sometidos a exposición a sulfatos severa o muy severa, tal como se definen en la Tabla 4.4.

4.4 PROTECCIÓN DEL REFUERZO CONTRA LA CORROSIÓN

4.4.1 Para la protección contra la corrosión del refuerzo de acero en el concreto, las concentraciones máximas de iones cloruro solubles en agua en el concreto endurecido a edades que van de 28 a 42 días, provenientes de los ingredientes (incluyendo agua, agregados, materiales cementantes y aditivos) no deben exceder los límites de la Tabla 4.5. Cuando se lleven a cabo ensayos para determinar el contenido de iones cloruro solubles en agua, los procedimientos de ensayo deben cumplir los requisitos establecidos en la NTP 334.148.

TABLA 4.5
CONTENIDO MÁXIMO DE IONES CLORURO PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LA
CORROSIÓN DEL REFUERZO

Tipo de elemento	Contenido máximo de iones de cloruro solubles en agua en el concreto (porcentaje en peso del cemento)
Concreto preesforzado	0,06
Concreto armado que en servicio estará expuesto a cloruros	0,15
Concreto armado que en servicio estará seco o protegido contra la humedad	1,00
Otras construcciones de concreto armado	0,30

- 4.4.2 Cuando el concreto con refuerzo vaya a estar expuesto a cloruros de químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras de las mismas, deben cumplirse los requisitos de la Tabla 4.2 para la máxima relación agua-material cementante y valor mínimo de $f'c$, y los requisitos de recubrimiento mínimo del concreto de 7.7. Para tendones preesforzados sin adherencia, véase 18.16.

Anexo 16: Panel fotográfico Ilo 21



Visita a la central térmica Ilo 21



Planta de central térmica Ilo 21 -
Moquegua



Ceniza Volante 25 kilos



Apexo 17: Panel fotográfico de preparación

Preparación de mezcla con el uso de trompo



Preparación de probetas de 4" x 8"



Pesado de los materiales para la mezcla

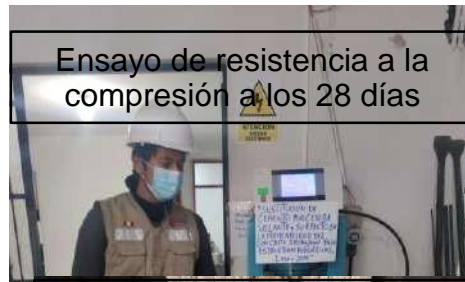


Total, de probetas elaboradas



Detalle de falla de la rotura de concreto

Ensayo de resistencia a compresión



Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días

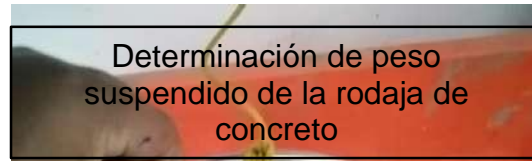


Probetas ensayadas a compresión a los 28 días



Pesado de las rodajas de concreto

o porosidad o porcentaje de vacíos



Determinación de peso suspendido de la rodaja de concreto



Hervido y ebullición de las rodajas de concreto

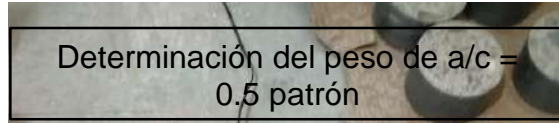
SUSTITUCION DE CEMENTO POR CENIZA VOLANTE y SU EFECTO EN LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO 280 kg/cm² PARA ESTRUCTURAS HIDRAULICAS, LIMA-2020





Determinación de la absorción (mm) de las probetas

absorción capilar



Determinación del peso de a/c = 0.5 patrón

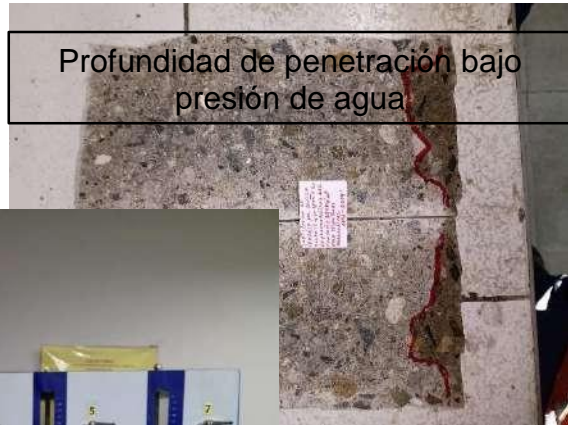


Pesado de la rodaja de concreto en a/c = 0.5 15% CV



Profundidad de penetración bajo presión de agua

ndidad de penetración



Profundidad de penetración bajo presión de agua



Permeámetro para medir la permeabilidad bajo presión de agua en concretos endurecidos

Anexo 22: Panel fotográfico de efectos que causa el agua



Muros afectados por filtración de agua en el canal



Columnas afectadas por filtración de agua



Canal de concreto con deterioro y daños



Marcas de fluido en el canal

Anexo 23: Estadística de media, desviación estándar y prueba t de resistencia a compresión a los 28 días en a/c = 0.47 y a/c = 0.50

Tabla 1: Desviación estándar y media de resistencia en a/c = 0.47 con 5% CV

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia a la compresión a los 28 días en a/c = 0.47	Patron0%	3	298,2667	2,27450	1,31318
	5%CV	3	316,1000	1,77764	1,02632

Tabla 2: Estadística de prueba T en a/c = 0.47 con 5% CV

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Resistencia a la compresión a los 28 días en a/c = 0.47	Se asumen varianzas iguales	,273	,629	-10,700	4	,000	-17,83333	1,66667	-22,46074	-13,20592
	No se asumen varianzas iguales			-10,700	3,779	,001	-17,83333	1,66667	-22,56924	-13,09743

Tabla 3: Desviación estándar y media de resistencia en a/c = 0.47 con 10% CV

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia a la compresión a los 28 días en a/c = 0.47	Patron0%	3	298,2667	2,27450	1,31318
	10%CV	3	307,8667	2,55408	1,47460

Tabla 4: Estadística de prueba T en $a/c = 0.47$ patrón con 10% CV

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia a la comprensión a los 28 días en $a/c = 0.47$	Se asumen varianzas iguales	,005	,948	-4,862	4	,008	-9,60000	1,97456	-15,08	-4,118
	No se asumen varianzas iguales			-4,862	3,947	,009	-9,60000	1,97456	-15,11	-4,089

Tabla 5: Desviación estándar y media de resistencia en $a/c = 0.47$ con 15% CV

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia a la comprensión a los 28 días en $a/c = 0.47$	Patron0%	3	298,2667	2,27450	1,31318
	10%CV	3	307,8667	2,55408	1,47460

Tabla 6: Estadística de prueba T en $a/c = 0.47$ patrón con 15% CV

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia a la comprensión a los 28 días en $a/c = 0.47$	Se asumen varianzas iguales	,005	,948	-4,862	4	,008	-9,60000	1,97456	-15,08	-4,118
	No se asumen varianzas iguales			-4,862	3,947	,009	-9,60000	1,97456	-15,11	-4,089

Tabla 7: Desviación estándar y media de resistencia en a/c = 0.50 con 5% CV

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia a la comprensión a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	3	257,7333	1,90088	1,09747
	5%CV	3	274,6667	3,15331	1,82056

Tabla 8: Estadística de prueba T en a/c = 0.50 con 5% CV

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Resistencia a la comprensión a los 28 días en a/c = 0.50	Se asumen varianzas iguales	,550	,499	-7,966	4	,001	-16,93333	2,12577	-22,83541	-11,03126
	No se asumen varianzas iguales			-7,966	3,284	,003	-16,93333	2,12577	-23,37924	-10,48743

Tabla 9: Desviación estándar y media de resistencia en a/c = 0.50 con 10%CV

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia a la comprensión a los 28 días en a/c = 0.50	Patron0%	3	257,7333	1,90088	1,09747
	10%CV	3	268,1667	2,32451	1,34205

Tabla 10: Estadística de prueba T en a/c = 0.47 patrón CON 10% con CV

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Resistencia a la comprensión a los 28 días en a/c = 0.50	Se asumen varianzas iguales	,344	,589	-6,018	4	,004	-10,43333	1,73365	-15,24673	-5,61994
	No se asumen varianzas iguales			-6,018	3,848	,004	-10,43333	1,73365	-15,32247	-5,54419

Tabla 11: Desviación estándar y media de resistencia en $a/c = 0.50$ con 15% CV

Estadísticas de grupo					
	Probetas	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia a la comprensión a los 28 días en $a/c = 0.50$	Patron0%	3	257,7333	1,90088	1,09747
	15%CV	3	235,8667	3,61156	2,08513

Tabla 12: Estadística de prueba T en $a/c = 0.50$ con 15% CV

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Resistencia a la comprensión a los 28 días en $a/c = 0.50$	Se asumen varianzas iguales	2,567	,184	9,280	4	,001	21,86667	2,35632	15,32449	28,40885
	No se asumen varianzas iguales			9,280	3,029	,003	21,86667	2,35632	14,40844	29,32489