

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LA CENIZA VOLANTE DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, EN MUROS PORTUARIOS, LIMA, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Bach. Mayra Flor Espada Mayta

Bach. Leonardo Jhonatan Morales Andrade

Asesor:

Mg. Jorge Luís Canta Honores

Lima - Perú

2020



## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Mg. Jorge Luis Canta Honores, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los Bachilleres:

- Espada Mayta Mayra Flor
- Morales Andrade Leonardo Jhonatan

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: "Influencia de la adición de la ceniza volante de carbón en las propiedades del concreto, en los muros portuarios, lima, sector balneario de ancón, 2018". para aspirar al título profesional de: *Ingeniero Civil* por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

**Mg. Jorge Luis Canta Honores**  
**Asesor**

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los bachilleres: **Mayra Flor Espada Mayta y Leonardo Jhonatan Morales Andrade** para aspirar al título profesional con la tesis denominada: "Influencia de la adición de la ceniza volante de carbón en las propiedades del concreto, en los muros portuarios, Lima, Sector Balneario de Ancón, 2018"

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

**Ing. Carbonel Reyes Gabriel**  
Jurado

---

**Ing. Quesada Llanto Julio Christian**  
Jurado

---

**Ing. Aybar Arriola Gustavo Adolfo**  
Jurado

## DEDICATORIA

A *Dios*, por darme don de la vida y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente durante todo el periodo de estudio.

A mis padres, Lucia Mayta y Adrián Espada, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo un apoyo en todo momento. Asimismo, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien. Por ustedes puedo decir que crecí con amor. Gracias por ser como son desde el fondo de mi corazón.

A mis hermanos, Amelia, Flor, José, por ser el ejemplo y motivo, por lo que representan para mí y por estar siempre presentes en cada momento de mi vida. A mi Cuñada Judith Guerrero y mis sobrinos, por ser mi fortaleza y mi guía a lo largo de este camino.

*Mayra Flor Espada Mayta*

## DEDICATORIA



En primera instancia agradezco a *Dios*, por darme don de la vida y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente durante todo el periodo de mi vida universitaria.

A mis padres, Nancy Andrade R. y Ernesto Morales V. y a mi hermano Eduartd Morales A. Quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo un apoyo en todo momento. Asimismo, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien. Por ustedes puedo decir que crecí con amor. Gracias por ser como son desde el fondo de mi corazón.

A mi pareja Lilibeth Rivera R. y a mis hermosos hijos Bianca y Nicolás, por la motivación que me dan, de siempre superarme cada día más, por lo que representan para mí y por estar siempre presentes en cada momento de mi vida, por ser mi fortaleza y mi guía a lo largo de este camino.

*Leonardo Jhonatan Morales Andrade*

## AGRADECIMIENTO

Ante todo, agradezco a Dios, ya que, con su bendición y su sabiduría depositada en nosotros, ha sido posible culminar nuestra vida universitaria con éxito, contribuyendo con la elaboración de esta tesis, la cual es un gran aporte a la sociedad y a los futuros investigadores del mismo rubro.

A nuestros padres, gracias por el apoyo incondicional y por todos los sacrificios que han hecho para poder darnos lo mejor de ustedes sin importar las circunstancias.

A nuestro asesor el Mg. Jorge Luis Canta Honores, por ser un gran ejemplo de persona, amigo y profesional, quien ha sido pieza fundamental para la realización de esta Tesis, gracias ingeniero por el tiempo que dedica a esta hermosa profesión y ayudar a los que lo necesitan. Gracias por su esfuerzo, por su paciencia y compromiso, este logro también es suyo.

A la empresa SIKA PERU, al Laboratorio de Concreto de la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, por el acogimiento en sus instalaciones para poder realizar los ensayos de nuestra Tesis y a la empresa UNICON en brindarnos de forma generosa los agregados requerido para nuestra tesis, a todo el personal profesional y técnico, el cual colaboro con sus conocimientos y compromiso para los ensayos en su Laboratorio.

A nuestra directora de carrera, Ing. Fanny Valdivieso García, por todo el apoyo profesional y académico brindado.

## INDICE

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>21</b>
1.1. Planteamiento y Delimitación del Problema .....	21
1.2. Formulación del problema .....	31
1.2.1. Problema general .....	31
1.2.2. Problemas específicos.....	31
1.3. Importancia y Justificación del Estudio.....	32
1.3.1. Importancia Técnica .....	32
1.3.2. Importancia Social .....	32
1.3.3. Importancia por viabilidad.....	32
1.3.4. Justificación Técnica.....	33
1.3.5. Justificación Social .....	34
1.3.6. Justificación por viabilidad.....	34
1.4. Limitación del Estudio.....	35
1.4.1. Limitación Técnica .....	35
1.4.2. Limitación por viabilidad .....	35
1.4.3. Limitación climatológica .....	35
1.5. Objetivos.....	36
1.5.1. Objetivo general.....	36
1.5.2. Objetivos específicos .....	36
1.6. Hipótesis .....	37
1.6.1. Hipótesis general .....	37
1.6.2. Hipótesis específicas.....	37
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>38</b>
2.1. Marco Histórico .....	38
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema .....	43
2.3. Estructura Teórica y Científica que sustenta el estudio.....	51
2.4. Definición de términos básicos.....	58

<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>69</b>
3.1. Variable.....	69
3.1.1. Variable Dependiente .....	70
3.1.2. Variable Independiente .....	71
3.2. Operacionalización de las Variables .....	71
3.3. Tipo de Estudio.....	71
3.4. Metodología .....	72
3.5. Diseño .....	72
3.6. Población, muestra y muestreo (Materiales, instrumentos y métodos) .....	73
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	77
3.8. Procedimiento de análisis de datos .....	77
<b>CAPÍTULO IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>83</b>
4.1. Selección de la cantera.....	83
4.2. Ensayo de Agregados.....	84
4.3. Diseño de Mezcla de Concreto .....	92
4.4. Elaboración de Probetas: Muestras Cilíndricas .....	97
<b>CAPÍTULO V. RESULTADOS .....</b>	<b>124</b>
5.1. PROBLEMA N° 01:.....	124
5.1.1. Ensayo de la Resistencia a la Compresión.....	124
5.1.2. Resistencia a la compresión del Concreto Patrón y con adición de Ceniza Volante de Carbón al 15% del volumen del cemento. ....	125
Resultado de la hipótesis mediante estadística inferencial .....	129
5.2. PROBLEMA N° 02: .....	131
5.2.1. Ensayo de Permeabilidad.....	131
5.2.2. Profundidad de Penetración de Agua Bajo Presión .....	132
Resultado de la hipótesis mediante estadística inferencial .....	134
5.3. PROBLEMA N° 03:.....	136
5.3.1. Método de Ensayo: “Determinación de la profundidad de Carbonatación” .....	136
5.3.2.1. Para Muestras de Concreto 30 cm largo x 15cm Diámetro .....	138

Resultado de la hipótesis mediante estadística inferencial .....	140
5.3.2.2. Para Muestras de Concreto 15 cm largo x 15 cm Diámetro .....	142
Resultado de la hipótesis mediante estadística inferencial .....	145
<b>CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN .....</b>	<b>147</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>150</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>152</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>153</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>160</b>
ANEXO N° 01. VALIDACIÓN DE DATOS .....	161
ANEXO N° 02. CARTA DE SOLICITUD DE CENIZA VOLANTE DE CARBÓN.....	167
ANEXO N° 03. DIAGRAMA DE FLUJO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	168
ANEXO N° 04. CARTA DE SOLICITUD PARA USO DE LABORATORIO DE CONCRETO .....	169
ANEXO N° 05. SOLICITUD DE DONACIÓN DE AGREGADOS POR UNICON.....	170
ANEXO N° 06. CERTIFICADO DEL AGREGADO FINO POR UNICON.....	171
ANEXO N° 07. CERTIFICADO DEL AGREGADO GRUESO POR UNICON.....	172
ANEXO N° 08. CERTIFICADO DE CALIBRACION.....	173
ANEXO N° 09. MATRIZ DE OPERACIONALIDAD DE VARIABLES .....	177
ANEXO N° 10. MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	178
ANEXO N° 11. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO .....	179
ANEXO N° 12. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO .....	180
ANEXO N° 13. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.....	181
ANEXO N° 14. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.....	182
ANEXO N° 15. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO .....	183
ANEXO N° 16. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO.....	184
ANEXO N° 17. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS .....	185
ANEXO N° 18. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESOS .....	186

ANEXO N° 19. CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 (AGREGADO GRUESO) .....	187
ANEXO N° 20. CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 (AGREGADO FINO).....	188
ANEXO N° 21. DISEÑO DE MEZCLA PARA PROBETAS DE CONCRETO .....	189
ANEXO N° 22. CERTIFICADO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN.....	192
ANEXO N° 23. CERTIFICADO DE ENSAYO DE PERMEABILIDAD.....	194
ANEXO N° 24. DISEÑO DE MEZCLA ÓPTIMO PARA UN CONCRETO DURABLE .....	196
ANEXO N° 26. ÁRBOL DE PROBLEMA .....	201
ANEXO N° 27. PANEL FOTOGRÁFICO.....	202

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Propiedades Física de Ceniza Volantes de Carbón.....	24
<b>Tabla 2.</b> Proporciones del mortero por volumen .....	25
<b>Tabla 3.</b> Correspondencia entre la relación agua/cemento o agua/materiales cementico y el esfuerzo a la compresión del concreto.....	26
<b>Tabla 4.</b> Concreto Especificado por Durabilidad.....	28
<b>Tabla 5.</b> Datos estadísticos de consumo de CV en la industria de la construcción .....	38
<b>Tabla 6.</b> Resistencias promedio a la compresión simple del concreto, 2016.....	44
<b>Tabla 7.</b> Tiempo mínimo de curado de los hormigones fabricados con cemento sin y con adiciones .....	54
<b>Tabla 8.</b> Tipos de cemento sin adición .....	61
<b>Tabla 9.</b> Cemento Portland IP.....	61
<b>Tabla 10.</b> Operacionalización de las variables .....	71
<b>Tabla 11.</b> Valor (Z) según su nivel de confianza.....	74
<b>Tabla 12.</b> Cantidad de probetas a realizar para el ensayo resistencia a la compresión.....	75
<b>Tabla 13.</b> Cantidad de probetas a realizar para el ensayo de permeabilidad .....	76
<b>Tabla 14.</b> Cantidad de probetas a realizar para el ensayo de carbonatación.....	76
<b>Tabla 15.</b> Contenido de Humedad del Agregado Grueso .....	85
<b>Tabla 16.</b> Contenido de Humedad del Agregado Fino .....	85
<b>Tabla 17.</b> Huso Granulométrico del Agregado Grueso .....	86
<b>Tabla 18.</b> Huso Granulométrico del Agregado Fino.....	86
<b>Tabla 19.</b> Granulometría Agregado Grueso.....	87
<b>Tabla 20.</b> Granulometría del Agregado Fino .....	88
<b>Tabla 21.</b> Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso .....	89
<b>Tabla 22.</b> Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso .....	89

<b>Tabla 23.</b> Peso Unitario Suelto del Agregado Fino .....	90
<b>Tabla 24.</b> Peso Unitario Compactado del Agregado Fino .....	90
<b>Tabla 25.</b> Peso Específico del Agregado Grueso.....	90
<b>Tabla 26.</b> Peso Específico del Agregado Grueso.....	91
<b>Tabla 27.</b> Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 (Agregado Fino ) .....	91
<b>Tabla 28.</b> Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 (Agregado Grueso) .....	91
<b>Tabla 29.</b> Propiedades Físicas de los Agregados.....	95
<b>Tabla 30.</b> Dosificación del Concreto Patrón.....	96
<b>Tabla 31.</b> Dosificación del Concreto Patrón + Ceniza volante de Carbón (15%) .....	96
<b>Tabla 32.</b> Elaboración, Desencofrado y Curado de Probeta Patrón.....	98
<b>Tabla 33.</b> Elaboración, Desencofrado y Curado de Probeta Patrón + 15% CVC.....	98
<b>Tabla 34.</b> Resultados de Ensayo a la Compresión (7 días).....	126
<b>Tabla 35.</b> Resultados de Ensayo a la Compresión (14 días).....	126
<b>Tabla 36.</b> Resultados de Ensayo a la Compresión (28 días).....	126
<b>Tabla 37.</b> Resultado de normalidad para la Hipótesis Especifica 1 .....	129
<b>Tabla 38.</b> Resultado de varianza para la Hipótesis Especifica 1 .....	130
<b>Tabla 39.</b> Resultado de la decisión Estadística para la Hipótesis Especifica 1 .....	130
<b>Tabla 40.</b> Resultado de Ensayo de permeabilidad del Concreto Patrón .....	132
<b>Tabla 41.</b> Resultado de Ensayo de permeabilidad del Concreto con adición de ceniza volante de carbón.....	132
<b>Tabla 42.</b> Resultado de Normalidad para la Hipótesis Especifica 2.....	134
<b>Tabla 43.</b> Resultado de varianza para la Hipótesis Especifica 2 .....	135
<b>Tabla 44.</b> Resultado de la decisión estadística para la Hipótesis Especifica 2 .....	135
<b>Tabla 45.</b> Resultado de Normalidad para la Hipótesis Especifica 3.....	141
<b>Tabla 46.</b> Resultado de varianza para la Hipótesis Especifica 3 .....	141



<b>Tabla 47.</b> Resultado de la Decisión Estadística para la Hipótesis Especifica 3.....	142
<b>Tabla 48.</b> Resultado de Normalidad para la Hipótesis Especifica 3.....	145
<b>Tabla 49.</b> Resultado de varianza para la Hipótesis Especifica 3 .....	146
<b>Tabla 50.</b> Resultado de la Decisión Estadística para la Hipótesis Especifica 3.....	146

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Porcentaje de principales causas que afectan en el buen servicio del concreto. Fuente ACI 201 “Agentes que Afectan la Durabilidad del Concreto” .....	22
<b>Figura 2.</b> Evolución temporal del proceso de carbonatación en un hormigón tratado superficialmente. Repositorio “Protección Superficial del Hormigón Armado: Cloruros y Carbonatación” .....	30
<b>Figura 3.</b> Sobre proceso de obtención de carbón pulverizado .....	42
<b>Figura 4.</b> Reducción del contenido de agua mediante cenizas volantes .....	55
<b>Figura 5.</b> Diseño Cuasi Experimental.....	73
<b>Figura 6.</b> Ubicación de la cantera .....	84
<b>Figura 7.</b> Curva Granulométrica del Agregado Grueso.....	87
<b>Figura 8.</b> Curva Granulométrica del Agregado Fino.....	88
<b>Figura 9.</b> Propiedades Físicas del Cemento Portland Tipo 1.....	93
<b>Figura 10.</b> Cuarteo Agregado Fino .....	99
<b>Figura 11.</b> Muestra de agregado fino para contenido de humedad.....	100
<b>Figura 12.</b> Muestra de agregado grueso para contenido de humedad .....	100
<b>Figura 13.</b> Muestras de los Agregados en el horno para contenido de humedad. ....	101
<b>Figura 14.</b> Canasta de Alambre .....	101
<b>Figura 15.</b> Peso sumergido del Agregado grueso .....	102
<b>Figura 16.</b> Peso sumergido del Agregado grueso .....	102
<b>Figura 17.</b> Juego de Tamices .....	103
<b>Figura 18.</b> Granulometría del Agregado Grueso .....	103
<b>Figura 19.</b> Tamizado del Agregado Grueso .....	104
<b>Figura 20.</b> Granulometría del Agregado Fino .....	104
<b>Figura 21.</b> Peso Unitario del Agregado Grueso.....	105

<b>Figura 22.</b> Peso Unitario del Agregado Fino.....	105
<b>Figura 23.</b> Materiales para la Prueba de Cono de la superficie de humedad.....	106
<b>Figura 24.</b> Apisonado de Arena Fina.....	106
<b>Figura 25.</b> Razado después de apisonar la Arena Fina.....	107
<b>Figura 26.</b> Peso del Picnómetro.....	107
<b>Figura 27.</b> Peso del Picnómetro y Muestra.....	108
<b>Figura 28.</b> Ensayo para Peso Específico de la Ceniza Volante de Carbón.....	108
<b>Figura 29.</b> Agregados para Mezcla de Concreto .....	109
<b>Figura 30.</b> Peso de Agua para Mezcla de Concreto.....	109
<b>Figura 31.</b> Moldes de Probetas Cilíndricas (15cm x 30cm).....	110
<b>Figura 32.</b> Trompo para mezcla de Concreto .....	110
<b>Figura 33.</b> Mezcla de Agregados.....	111
<b>Figura 34.</b> Mezcla de Concreto .....	111
<b>Figura 35.</b> Cono Slump.....	112
<b>Figura 36.</b> Medida del Slump .....	112
<b>Figura 37.</b> Slump de 3".....	113
<b>Figura 38.</b> Temperatura del Concreto.....	113
<b>Figura 39.</b> Ensayo Contenido de Aire .....	114
<b>Figura 40.</b> Compactación del Concreto .....	114
<b>Figura 41.</b> Probetas Cilíndricas de Concreto.....	115
<b>Figura 42.</b> Desencofrado del Concreto.....	115
<b>Figura 43.</b> Curado de Probetas Cilíndricas.....	116
<b>Figura 44.</b> Probetas con 7,14, 28 días de Curado .....	116
<b>Figura 45.</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	117
<b>Figura 46.</b> Resultado de Carga Máxima .....	117

<b>Figura 47.</b> Falla de Ensayo de Resistencia a la Compresión .....	118
<b>Figura 48.</b> Dosificación de agregados, Cemento y Agua .....	118
<b>Figura 49.</b> Temperatura del Concreto aditivo + C.V. 15% .....	119
<b>Figura 50.</b> Prueba del Cono de Abrams.....	119
<b>Figura 51.</b> Medida del Slump .....	120
<b>Figura 52.</b> Probetas Cilíndricas .....	120
<b>Figura 53.</b> Probetas Cilíndricas con Mezcla de Concreto Fresco.....	121
<b>Figura 54.</b> Desencofrado de Probetas Cilíndricas. ....	121
<b>Figura 55.</b> Probetas Expuestas al contacto con el Agua del Mar – Muelle el Dorado .....	122
<b>Figura 56.</b> Probetas Cilíndricas Expuestas al contacto con el Agua del Mar.....	122
<b>Figura 57.</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión (28 días).....	123
<b>Figura 58.</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión (28 días) - Concreto Patrón .....	123
<b>Figura 59.</b> Disposición de la Carga Durante el Ensayo.....	124
<b>Figura 60.</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión (28 días).....	125
<b>Figura 61.</b> Gráfica de Resistencias a la Compresión (Concreto Patrón) .....	127
<b>Figura 62.</b> Gráfica de Resistencias a la Compresión (Concreto Patrón + 15% CV) .....	127
<b>Figura 63.</b> Prueba de Normalidad por T-Student .....	129
<b>Figura 64.</b> Prueba de Varianza por T-Student .....	130
<b>Figura 65.</b> Prueba para la decisión estadística por T-Student .....	130
<b>Figura 66.</b> Disposición de la Presión durante el Ensayo .....	131
<b>Figura 67.</b> Gráfica de permeabilidad (diferencia entre concreto sin ceniza con concreto adicionada ceniza volante de carbón).....	133
<b>Figura 68.</b> Prueba de Normalidad por T-Student .....	135
<b>Figura 69.</b> Prueba de varianza por T-Student.....	135
<b>Figura 70.</b> Prueba para la decisión estadística por T-Student .....	136

<b>Figura 71.</b> Frente de carbonatación .....	137
<b>Figura 72.</b> Caras de la probeta .....	137
<b>Figura 73.</b> Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB1 .....	138
<b>Figura 74.</b> Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB2 .....	138
<b>Figura 75.</b> Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB3 .....	138
<b>Figura 76.</b> Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB1 + 15% CVC .....	139
<b>Figura 77.</b> Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB2 + 15% CVC .....	139
<b>Figura 78.</b> Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB3 + 15% CVC .....	139
<b>Figura 79.</b> Gráfico de diferencia de carbonatación entre concreto patrón y con adición de 15% CVC.....	140
<b>Figura 80.</b> Prueba de Normalidad por T-Student.....	141
<b>Figura 81.</b> Prueba de Varianza por T-Student .....	141
<b>Figura 82.</b> Prueba para la Decisión Estadística por T-Student .....	142
<b>Figura 83.</b> Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB1 .....	142
<b>Figura 84.</b> Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB2 .....	143
<b>Figura 85.</b> Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB3 .....	143
<b>Figura 86.</b> Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB1 + 15% CVC .....	143
<b>Figura 87.</b> Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB2 + 15% CVC .....	144
<b>Figura 88.</b> Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB2 + 15% CVC .....	144
<b>Figura 89.</b> Gráfico de diferencia de carbonatación entre concreto patrón y con adición de 15% CVC.....	144
<b>Figura 90.</b> Prueba de Normalidad por T-Student.....	145
<b>Figura 91.</b> Prueba de Varianza por T-Student .....	146
<b>Figura 92.</b> Prueba para la Decisión Estadística por T-Student .....	146

<b>Figura 93.</b> Factores que afectan la durabilidad del concreto. Fuente USTA TUNJ	
“Parámetros de Durabilidad en concretos” .....	196
<b>Figura 94.</b> Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.....	197
<b>Figura 95.</b> Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a condiciones especiales de exposición.....	198
<b>Figura 96.</b> Cementos Portland adicionados. Fuente ASOCEM. ....	198
<b>Figura 97.</b> Contenido de Aire Atrapado .....	199
<b>Figura 98.</b> Contenido Total de Aire para Concreto Resistente al Congelamiento.....	199
<b>Figura 99.</b> Fallas en la Durabilidad. ....	200
<b>Figura 100.</b> Almacén de Sacos de Ceniza Volante de Carbón .....	202
<b>Figura 101.</b> Sacos de Ceniza Volante de Carbón .....	203
<b>Figura 102.</b> Sacos de Ceniza Volante de Carbón .....	203
<b>Figura 103.</b> Sacos de Ceniza volante Ilo - Lima (Terrapuerto Plaza Norte) .....	204
<b>Figura 104.</b> Cantera Unicon Jicamarca .....	204
<b>Figura 105.</b> Almacén de Agregados Unicon .....	205
<b>Figura 106.</b> Transporte Unicon de los Agregados .....	205
<b>Figura 107.</b> Agregados Unicon.....	206
<b>Figura 108.</b> Probetas Cilíndricas Expuestas al Mar – Muelle el Dorado .....	206
<b>Figura 109.</b> Probeta Cilíndrica Expuesta al Contacto con el Agua del Mar.....	207
<b>Figura 110.</b> Probetas de Concreto Sumergidas.....	207
<b>Figura 111.</b> Segunda Tanda de Muestras a Sumergirse.....	208
<b>Figura 112.</b> Dado de Concreto que sujeta las Muestras .....	208
<b>Figura 113.</b> Tercera Tanda de Muestras a Sumergirse .....	209
<b>Figura 114.</b> Muelle El Dorado - Balneario de Ancón.....	209
<b>Figura 115.</b> Preparación de probetas para el ensayo de carbonatación .....	210

<b>Figura 116.</b> Corte de probetas para el ensayo de carbonatación .....	210
<b>Figura 117.</b> Probetas cortadas para el ensayo de carbonatación.....	211
<b>Figura 118.</b> Probetas de concreto convencional cortada transversalmente agregado fenolftaleína para determinar nivel de profundidad de carbonatación .....	211
<b>Figura 119.</b> Probetas de concreto con adición de ceniza volante de carbón cortadas transversalmente agregado fenolftaleína para determinar nivel de profundidad de carbonatación.....	212
<b>Figura 120.</b> Ensayo de permeabilidad empresa SIKA.....	213
<b>Figura 121.</b> Laboratorio de SIKA.....	213
<b>Figura 122.</b> Probeta para el ensayo de permeabilidad .....	214
<b>Figura 123.</b> Probetas para colocación para inicio del ensayo de permeabilidad .....	214
<b>Figura 124.</b> Equipo para el ensayo de permeabilidad.....	215
<b>Figura 125.</b> Calibración del equipo .....	215
<b>Figura 126.</b> Probetas colocadas para dar inicio con el ensayo de permeabilidad.....	216
<b>Figura 127.</b> Ajustes del equipo a presión de 50 m.c.a directo a las probetas .....	216

## RESUMEN

El estudio de investigación presentado se enmarca en la ciudad de Lima, sector balneario de Ancón, donde fue orientado en la influencia de los aditivos protectores en las propiedades del concreto en los muros portuarios. Las principales propiedades investigadas fueron: Resistencia a la Compresión; según la NTP 339.034:2015 - Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. 4° Edición, Ensayo a la Permeabilidad; según la Norma Europea EN 12390-8:2019 - Método para determinar la profundidad de penetración del agua bajo presión en el concreto endurecido almacenado en el agua y Ensayo a la carbonatación; según la Norma Europea EN 14630:2007 – Método para determinar la profundidad de carbonatación en un hormigón endurecido por el método de la fenolftaleína.

Del mismo modo, los materiales de investigación fueron analizados para conocer sus propiedades de acuerdo a las Normas Técnicas Peruana, en cuanto al diseño de mezcla se procedió a la Normal ACI 211. Las cantidades de cenizas volante de carbón se obtuvieron considerando investigaciones realizadas. En el cual se determinó la dosificación del 15% de cenizas volante de carbón a estudiar.

La valoración de la resistencia a la compresión se realizó tomando la carga máxima alcanzada para el concreto patrón de 280 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días, para el concreto + 15% de C.V.C igual de 280 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días. Lo que quiere decir que para cantidades que registren valores del 15% C.V.C muestren un aumento a la resistencia a la compresión.

**Palabras Claves:** Concreto, Ceniza Volante, Resistencia a la Compresión, Permeabilidad, Carbonatación.



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

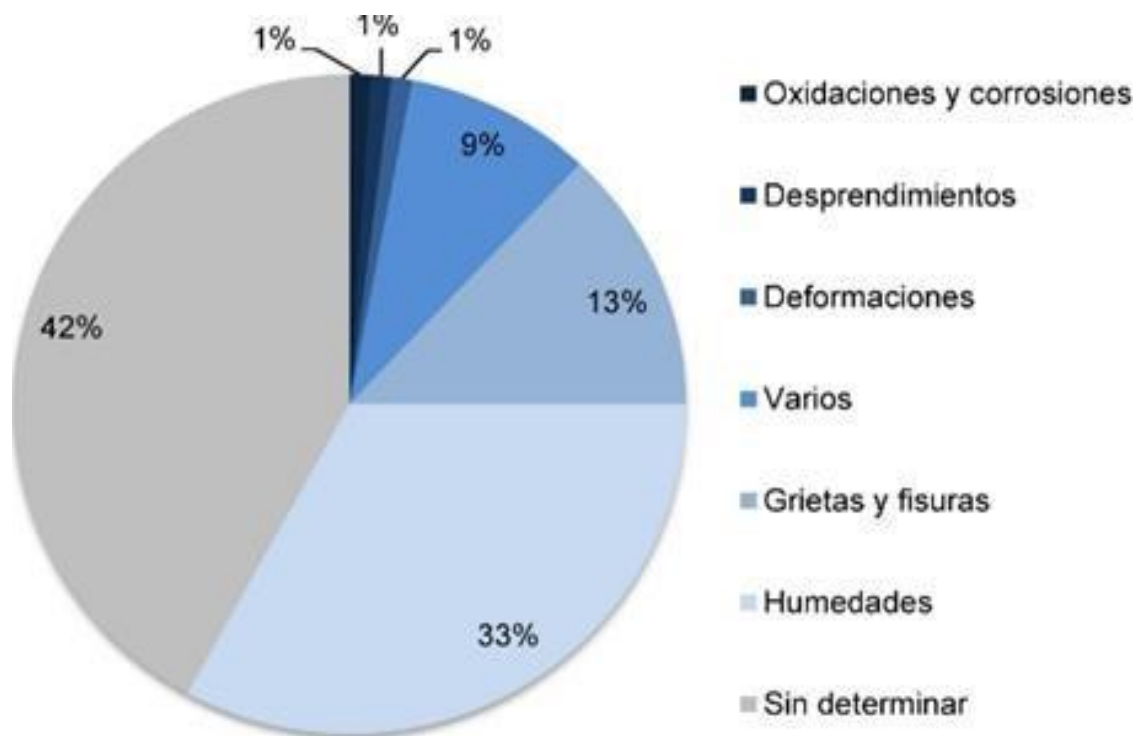
### 1.1. Planteamiento y Delimitación del Problema

Las construcciones portuarias son estructuras de concreto expuestas a agentes externos, estas afectan en el desarrollo de un adecuado servicio.

Lo cual lo precisa, (Solís Carcaño, Moreno, & Castro Borges, 2005, p.13), en su artículo “Durabilidad en la estructura de concreto de vivienda en zona costera”, México, en el cual establece que el problema más importante que se observa actualmente en las construcciones de concreto es el deterioro por cargas ambientales, en las zonas costeras los principales agentes agresores son cloruros, sulfatos y humedad, los cuales penetran a través de la red de poros del concreto llegando a provocar daños directamente al concreto. Asimismo, (Priano, 2011, p.9), en su tesis doctoral “Estado de Conservación de Hormigón Estructurales en Ambientes Urbanos, Rurales Y Marino de La Ciudad Bahía Blanca Y Su Zona de Influencia”, Universidad Nacional Del Sur, Argentina, en el cual establece que la disminución de la vida útil en servicio de una obra se debe a la calidad de los materiales usados en el hormigón y a su ejecución, del mismo modo también a la acción combinada de diferentes agentes agresivos, factores que afectan directamente a la durabilidad de la estructura. Por otra parte, la durabilidad es una propiedad importante del concreto, es indispensable que tenga la calidad y capacidad para resistir las condiciones de servicio. En cuanto al (ACI comité 201, 1997), en su tema “Agente que Afectan la Durabilidad del Concreto”, instituto americano de concreto, define la durabilidad como: la habilidad para resistir la acción del tiempo, ataque químico, abrasión cualquier otro proceso de deterioro.

Un concreto durable mantendrá: su forma, calidad y condiciones de servicio originales cuando se exponen a su ambiente, se evalúa en función de su capacidad para resistir las acciones de deterioro derivadas de las condiciones de exposición y servicio a que está sometida. Del mismo modo el (ACI Sección Centro y Sur de México, 1996), en su tema

“Guía para la durabilidad del concreto”, establece como resultado de las interacciones ambientales, la microestructura y consecuentemente las propiedades de los materiales, cambian con el tiempo. Por otra parte (T. Ratay, 2000, p.18), en su libro “Proceso De Diseño- Construcción”, EE.UU, establece que el material alcanza el final de su vida de servicio cuando sus propiedades se han deteriorado a tal punto que continuar utilizándolo se considera inseguro o antieconómico.



**Figura 1.** Porcentaje de principales causas que afectan en el buen servicio del concreto. Fuente ACI 201 “Agentes que Afectan la Durabilidad del Concreto”

También se debe tener en cuenta, una relación agua y cemento (a/c) no muy baja para evitar que al evaporarse el agua de mezclado se formen espacios vacíos (micro Fisuras y fisuras), por donde el concreto puede ser atacado fácilmente por la contaminación o agentes químicos del medio ambiente que ocasionen deterioros y pérdida de las propiedades. Esta exposición la encontramos en cimientos, elementos exteriores de edificios y viviendas, estructuras de puentes, losas de cubiertas, estructuras hidráulicas, en general, en todos los

concretos que puedan tener contacto con aguas con sales, lluvias, ríos o suelos, así lo expone (Osorio, D., M, p.3), en su artículo “Durabilidad Del Concreto En Zonas Costeras Y Obras Portuarias”, Colombia.

En la actualidad se busca nuevos productos que logren mejorar la dosificación del concreto en su resistencia, en este caso hablando de las cenizas volante de carbón, que en nuestro país la aplicación no es muy utilizada, en países de mayor desarrollo tecnológico se viene usando como subproducto para la elaboración de cementos y concretos adicionales. En lo cual (Ossa & Jorquera, 1984, p.4) en su artículo “Cemento con Cenizas Volantes” establece que los efectos de las cenizas volantes en el hormigón han sido estudiados en numerosas investigaciones, sea como reemplazo de parte del cemento portland, sea simplemente como adición en el hormigón. En el primer caso, se ha comprobado que cuando se emplean las cenizas volantes en porcentaje de 10 a 30 % de reemplazo, el agua necesaria para mezclado por unidad de volumen del hormigón generalmente no aumenta y a veces puede ser reducida; que la resistencia en las primeras edades, hasta los 28 días disminuye, pero en edades posteriores puede ser igual o mayor que el hormigón normal; que los cambios de volumen no son significativamente afectados; que aumenta la cantidad de aditivo necesario para una determinada incorporación de aire.

Finalmente, que la reducción de la expansión dañina provocada por la reacción álcali-árido es menos reducida que cuando se emplean otras puzolanas.

En el segundo caso, cuando las cenizas volantes se emplean como adición en el hormigón, se ha comprobado que, en cantidades de 15 a 30 % en peso de la arena de hormigones pobres, se mejora notablemente la trabajabilidad y se obtienen mayores resistencias a todas las edades. Obviamente las cenizas volantes contribuyen a suplir con eficacia la carencia de finos de un hormigón pobre **Tabla 1**.

**Tabla 1.**  
*Propiedades Física de Ceniza Volantes de Carbón*

<b>Propiedades</b>	<b>Valor</b>
Peso específico	2,212
Superficie específica ( <b>cm<sup>2</sup>/g</b> )	2,100
Densidad aparente ( <b>kg/dm<sup>3</sup></b> ), suelta	0.97

**Fuente:** Artículo “Cemento con Cenizas Volantes”

En la provincia de Puno, lo cual (Huaquisto Cáceres & Belizario Quispe, 2018, p.2), en su artículo “Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento” establece que el concreto es uno de los materiales más usados para la construcción de todo tipo de obras civiles. Su dosificación requiere el uso de adiciones de distinta naturaleza, de manera que se tenga un concreto de mayor calidad, en este sentido surge la posibilidad de utilización de la ceniza volante como sustituto a ser adicionado en la dosificación del concreto para darle mayor resistencia, durabilidad y trabajabilidad y no solo eso, sino que al ser un material contaminante del medio ambiente, su utilización en pequeñas cantidades en la dosificación del concreto resulta ser adecuada de tal manera reducir su impacto ambiental en zonas de exposición.

Asimismo (Molina, O. , Moragues Terrades, A. & Gálvez Ruiz, J., 2008, p.3), en su artículo “La Influencia De Las Cenizas Volantes Como Sustituto Parcial del Cemento Portland En La Durabilidad Del Hormigón: Propiedades Físicas, difusión Del Ión Cloruro Y Del Dióxido De Carbono”, establece que en la actualidad la incorporación de cenizas está condicionada por el tipo de cemento disponible en el mercado, en vez de condicionar el tipo de cemento a las cenizas disponibles. Esto resulta en especificaciones diseñadas para que las cenizas se ajusten a los cementos que están disponibles en el mercado. Para explotar adecuadamente las cenizas volantes que provee la industria, el cemento debería ser formulado para optimizar.

El presente estudio se realizó en la Ciudad de Lima, Distrito de Ancón, Sector Balneario de Ancón, en base a la problemática señalada se identifica las siguientes causas:

Respecto la causa que se origina por el inapropiado proceso constructivo de estructuras de concreto, lo cual (Hernández-Castañeda & Mendoza-Escobedo, 2006, p.53), en su artículo “Durabilidad e infraestructura: retos e impacto socioeconómico”, México, establece que en las obras de importancia nacional, empresarial o personal, es necesario considerar el tipo de material con el que pretendemos construir una estructura. El hecho de hacerlo, es construir responsable, profesional e inteligentemente. Asimismo, es primordial considerar la durabilidad de las obras de concreto, ya que de ellas dependen las condiciones y el grado de deterioro que alcanzará el concreto ante el medio ambiente al que se encuentra expuesto. Dadas las diferencias climáticas de cada región y a las diversas condiciones de servicio, es necesario investigar el efecto que tendrán en los materiales **Tabla 2** empleados y para las condiciones particulares de cada obra.

**Tabla 2.**  
*Proporciones del mortero por volumen*

Tipo de mortero	Partes de cemento por volumen	Partes de cal por volumen	Resistencia		Retención mínima de agua (%)	Arena
			mínima a compresión a 28 días MPa	promedio kg/cm <sup>2</sup>		
M	1	1/4	17.5	175.0	75	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes de cemento y cal
S	1	de 1/4 a 1/2	12.5	125.0	75	
Sa	1	1	7.0	70.0	75	
N	1	de 1/2 a 1/4	5.3	53.0	75	

**Nota:** cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento y cal, el contenido máximo de aire debe ser del 12%. Fuente tomada de NSE (Norma de Seguridad Estructural)

De seguir persistiendo la causa, (Astorga & Rivero, 2009, p.22-34) en su artículo “Patologías en las edificaciones”, establece que en la estructura se originaría resquebrajamiento superficialmente y comenzaría a presentar pequeñas fisuras verticales en la parte superior de la viga, cerca del encuentro con la columna. A parte, existe riesgo de inestabilidad al no colaborar el acero y el concreto, así produciendo grietas producto de cambios de temperatura y retracción del concreto.

Respecto la causa que se origina por la inapropiada dosificación de agua y cemento, lo cual (Guevara Fallas et al., 2012, p.81), en su artículo “Efecto de la variación agua/cemento en el concreto”, establece que la importancia del agua resulta de gran magnitud, ya que ella y su relación con el cemento están altamente ligados a una gran cantidad de propiedades del material final que se obtendrá. En donde usualmente conforma más agua así aumentando la fluidez de la mezcla, su trabajabilidad y plasticidad, lo cual presenta grandes beneficios para la mano de obra; no obstante, también comienza a disminuir la resistencia debido al mayor volumen de espacios creados por el agua libre.

Así, se puede afirmar que la resistencia del Concreto depende altamente de la relación por peso entre el agua y el cemento, esto se puede apreciar en la **Tabla 3**.

**Tabla 3.**

*Correspondencia entre la relación agua/cemento o agua/materiales cementicio y el esfuerzo a la compresión del concreto*

A/C	F'c ( <b>kg/cm<sup>2</sup></b> )
0,36	420
0,40	370
0,45	340
0,50	295
0,55	275
0,60	230
0,65	220
0,70	185
0,75	165
0,80	140

Fuente: Diseño de mezclas ACI 211.1 Diseño de Mezclas

Se pronostica que si se mantiene el mal proceso entre relación de agua y cemento, lo cual (Guevara Fallas et al., 2012, p.81), en su artículo “Efecto de la variación agua/cemento en el concreto”, establece que se podría perder hasta el 30% de la resistencia esperada. Cabe resaltar que la resistencia que se le especifica al concreto, aproximadamente el 70%, se genera en los primeros siete días.

A los 14 días, la resistencia ha logrado llegar al 85% de lo que se espera en 28 días y si no es así, pudiendo llegar a desmoronarse la estructura.

Respecto la causa que se origina por la inalterabilidad de su durabilidad del concreto, lo cual (Sanjuan, M. & Castro, P., 2001, p.8), en su artículo “Acción de los Agentes Químicos y Físicos sobre el Concreto”, establece que los principales efectos que influyen adversamente en la durabilidad del concreto pueden clasificarse como agentes físicos o químicos. Entre los primeros, los más importantes son: el desgaste de la superficie ocasionada por abrasión o erosión (asociada al exceso de tránsito o a cualquier otro tipo de fricción); el agrietamiento debido a la presión de la Cristalización de sales contenidas en los poros del material (asociadas con el contacto con soluciones salinas, en cimientos); y la exposición a temperaturas extremas. Esto afectando diversos tipos **Tabla 4.**

**Tabla 4.**  
*Concreto Especificado por Durabilidad*

UNIDAD		CARACTERÍSTICAS									TOLERANCIA
Ambiente de exposición(NTC 5551)		1	3,1 /4,2 /7,0	3,1 / 4,2 / 7,0	3,1 / 7,0 pavimentos	3,1 / 4,2 / 7,0	3,3 / 4,3 / 7,0	3,3 / 7,0 pavimentos	1,0 baja permeabilidad	1,0 industrializado	
Tamaño máximo de la grava(Y)*	kg/cm <sup>2</sup>	175 -210 -245-280	280	315-350 - 420	39-42- 43-50	315	350- 420	39-45-50	175-210- 245	210	
Tamaño máximo de la grava(Y)*				5=		1		-25,4			
Edad de la especificación (ZZ)	Pulgadas (milímetros)			2=		3-abr		-19			
				3=		1-feb		-12,7			
				1=		3-ago		-9,51			
Asentamiento de diseño (SS)	días	3, 7, 28	3,7,28	3,7,28	3,7,28	3,7,28	3,7,28	3,7,28	3,7,28	3,7,28	
Variante (VVV)	cm	15	15-20	15-20	13	15-20	15-20	13	15-20	20	±2,5
Tiempo de manejabilidad acelerados	horas	515	516	518	517	518	519	519	520	405	
Tiempos de fraguado		2	2	2	2	2	2	2	2	2	±0,5
Tiempos de fraguado		Inicial:7	Inicial:7	Inicial:7	Inicial:7	Inicial:7	Inicial:7	Inicial:7	Inicial:7	Inicial:7	
Densidad Contenido de aire	horas	Final: 9	Final: 9	Final: 9	Final: 9	Final: 9	Final: 9	Final: 9	Final: 9	Final: 9	±1,5
	kg/m <sup>2</sup>	2200 a 2550	2200 a 2550	2200 a 2550	2200 a 2550	2200 a 2550	2200 a 2550	2200 a 2550	2200 a 2550	2200 a 2550	
	%	Máximo 2	6%	6%	Máximo 4	6%	6%	Máximo 4	Máximo 2	Máximo 2	±1,0

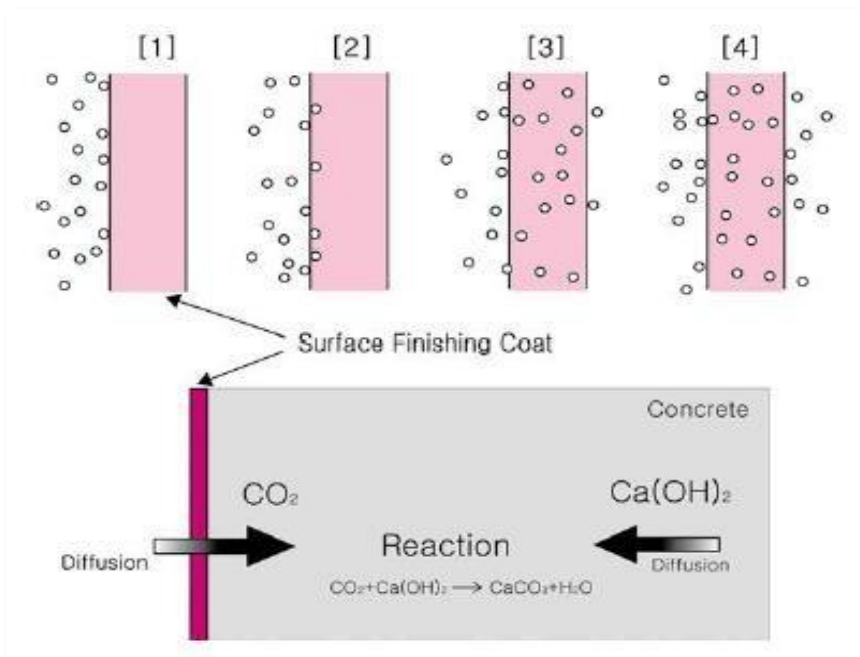
**Fuente: NTC 5521**

De persistir la situación, nos dice (Carvajal, A. & Guzmán, F., 2005, p.28), en su revista “Estudio De Aditivos Inhibidores De Corrosión Para Estructuras De Hormigón Armado. Análisis De Potencial De Corrosión”, los problemas de durabilidad una vez que se presentan ya no son funcionales ni eficientes y están destinadas a no cumplir con su vida de servicio estimada. Los problemas de durabilidad no se limitan a su diseño inicial y construcción, tienen una fuerte intervención en la operación, ocasionan costos y pérdidas económicas para el propietario o inversionista, ya sea por reparación de las zonas afectadas, por la sustitución



de elementos que se han deteriorado o por costos operativos imputables a remodelaciones o mantenimientos periódicos.

Respecto la causa que se origina por la presencia de corrosión (carbonatación y cloruros); lo cual (Montani, 2000), en su tema “La Carbonatación, enemigo olvidado del concreto”, establecen que la carbonatación es un fenómeno que ocurre en miles de estructuras de concreto en todo el mundo, la carbonatación es generalmente un proceso de pocas consecuencias. Sin embargo, en el concreto reforzado, este proceso químico aparentemente inocuo, avanza lenta y progresivamente hacia adentro desde la superficie expuesta del concreto, y asalta al acero de refuerzo causando la corrosión. Aunque la carbonatación es una causa de la corrosión menos importante que los cloruros, no por ello es menos seria en términos del daño que provoca y del dinero que cuesta remediar sus efectos. Y por otra parte, resaltando a los cloruros (Martínez, L. 2015, p.13), en su tesis para obtener el título de ingeniero “Evaluación de la influencia del SO<sub>2</sub> Como Agente Corrosivo en Estructuras de Concreto”, Universidad Nacional Autónoma de México, México, establece que debido a su alto contenido de cloruros, el agua de mar representa un elemento ofensivo para el concreto y el acero de refuerzo pues propicia y acelera, una vez que se ha iniciado el fenómeno de la corrosión. Donde el proceso de la carbonatación se puede ver en la **Figura 2**, en las franjas costeras, la brisa marina acarrea importantes contenidos de humedad que naturalmente lleva en sí cloruros; de esta manera, estructuras que no están en contacto directo con el agua de mar, sufren igualmente.



**Figura 2.** Evolución temporal del proceso de carbonatación en un hormigón tratado superficialmente. Repositorio “Protección Superficial del Hormigón Armado: Cloruros y Carbonatación”

De seguir persistiendo la situación, (Del Valle, A., Pérez, T., & Martínez, M., 2001, p.24), en su artículo “El Fenómeno de la corrosión en Estructuras de Concreto Armado”, establece que cuando el refuerzo se corroe, la formación de óxido conduce a la pérdida de adherencia entre el acero y el concreto y la subsecuente de laminación y exfoliación. Si esto se ha dejado sin revisar, la integridad de la estructura puede verse afectada.

La reducción del área de sección transversal del acero reduce su capacidad resistente generando apariciones de pequeñas fisuras cuya ubicación coinciden con la de la barra de refuerzo, la corrosión al llegar a niveles más avanzados produce el desprendimiento del concreto de recubrimiento de las caras.

**La alternativa de solución que plantea la presente investigación, en base a las causas señaladas, que hacen que el concreto desarrolle un inadecuado servicio ante agentes externos presentes en zona costera, específico en muros portuarios. Es la adición de la ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento en la dosificación del concreto.**

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Qué efecto tiene la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en las propiedades del concreto, en muros portuarios, Lima, Ancón, Sector balneario, 2018?

### **1.2.2. Problemas específicos**

#### **1.2.2.1. Problema específico 1**

¿Qué efecto tiene la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en la resistencia a la compresión del concreto, en muros portuarios, Lima, Ancón, Sector balneario, 2018?

#### **1.2.2.2. Problema específico 2**

¿Qué efecto tiene la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en la permeabilidad del concreto, en muros portuarios, Lima, Ancón, Sector balneario, 2018?

#### **1.2.2.3. Problema específico 3**

¿Qué efecto tiene la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en la carbonatación del concreto, en muros portuarios, Lima, Ancón, Sector balneario, 2018?

### **1.3. Importancia y Justificación del Estudio**

#### **1.3.1. Importancia Técnica**

En la rama de las construcciones de infraestructuras portuarias (Priano, 2011), establece que los factores que afectan directamente la durabilidad en estructuras portuarias son por diversos agentes agresivos expuestos al mar. Teniendo como finalidad mejorar la infraestructura implementando aditivos protectores en el reemplazo del cemento de tal manera se clasifican en cenizas volantes de carbón e inhibidor de corrosión donde aplicaremos distintos tipos de ensayos basadas en la Norma Técnica Peruana.

#### **1.3.2. Importancia Social**

El concreto es uno de los materiales más usados en la región de Lima, así como en todo el Perú para la construcción de todo tipo de infraestructura civil, según (Molina Bas et al., 2008) donde los aditivos protectores tales como la ceniza volante de carbón, material de origen natural que constituyen en un residuo ecológicamente problemático que deben eliminar las centrales termoeléctricas siendo un material contaminante para el medio ambiente.

Por el cual se utilizara el material no convencional para este proyecto y obtener buenos resultados de durabilidad en muros portuarios y así contribuir con la mejora del medio ambiente.

#### **1.3.3. Importancia por viabilidad**

Este proyecto que se realizara es viable al 100% puesto que los investigadores contamos con los requerimientos necesarios para realizar los trabajos que demanda este proyecto de inicio a fin de la investigación, con el fin de que la realización de los ensayos teniendo en cuenta su aplicación tanto como en los muros portuarios del balneario de Ancón y en laboratorio.

#### 1.3.4. Justificación Técnica

Tiene como finalidad de dar a conocer una nueva opción para la fabricación del concreto, así mismo determinar el efecto que tiene la ceniza volante de carbón al 15% del volumen del concreto en los ensayos a compresión, permeabilidad y carbonatación, los cuales esperamos que muestren resultados óptimos.

De acuerdo a nuestros antecedentes estudiados recomiendan que el uso de las cenizas volantes de carbón al 15% del volumen del cemento resulte beneficioso para mantener, incrementar y mejorar sus propiedades en estado endurecido.

La durabilidad del hormigón (**Molina Bas, Moragues Terrades, & Gálvez Ruiz, 2008**) ,establecen que la capacidad de transporte de los fluidos en su red porosa. El uso de cenizas volantes en hormigón está extendido por el ahorro económico que supone y los cambios micro-estructurales motivados por la adición. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que las cenizas volantes de carbón en un porcentaje de 10% al 20% incrementan del mismo modo la carbonatación y la difusión de cloruros. La difusión de cloruros se ve más afectada por los cambios de la estructura porosa. Los iones carbonato interaccionan químicamente con la matriz por lo que su avance se ve afectado por los cambios en composición generados por la reacción puzolánica.

Como parte final del estudio (**Payá Bernabeu & Soriano Martinez, 2014**), establece estudios de caracterización de hormigón de alta resistencia: propiedades mecánicas y de durabilidad. En este último apartado se vuelven a ratificar las bondades comentadas anteriormente respecto al uso del aporte extra de hidróxido cálcico sonicado. En definitiva, los resultados obtenidos muestran que la adición de HC sonicada en mezclas que sustituyan altos volúmenes de cemento Portland por 15% de ceniza volante crea una microestructura más densa y compacta, con una mayor reserva alcalina y que además produce una mejora en sus propiedades mecánicas y de durabilidad. Se concluye por tanto que el proceso de

sonicación previa de suspensiones acuosas de HC mejora significativamente las propiedades de morteros y hormigones de cemento Portland, 15% ceniza volante.

Al evaluar (**Patiño & Venegas, 2017**), Concluye que la sustitución del cemento Portland tipo IP por ceniza volante genera una disminución de la resistencia a la compresión para todas las edades de curado, comparado con la resistencia del concreto patrón, pero mantiene el  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> para el cual fue diseñado. A los 28 días de fraguado el CP. Alcanzo una resistencia  $f'c=273.42$  kg/cm<sup>2</sup>, el concreto con CV al 15% alcanzo una resistencia de  $252.43\pm 4.13$  kg/cm<sup>2</sup>, el concreto con CV al 20% alcanzo una resistencia de  $236.54\pm 7.61$  kg/cm<sup>2</sup>, el concreto con CV al 30% alcanzo una resistencia de  $210.27.43\pm 6.30$  kg/cm<sup>2</sup>.

### 1.3.5. Justificación Social

Con la investigación realizada se pretende beneficiar en primer plano a los estudiantes de ingeniería civil de la Universidad Privada del norte , a los docentes Ingenieros de la escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UPN brindándoles información necesaria sobre concretos con ceniza volante e aditivo inhibidor de corrosión en sustitución parcial del cemento . Este tipo de investigación en la actualidad es un tema innovador ya que en nuestra realidad se menciona el tema de desarrollo sostenible evidenciando la factibilidad por (**Huaquisto Cáceres & Belizario Quispe, 2018**). En la medida que esta investigación se socialice los beneficiarios podrían ser; aquellas empresas ligadas al mundo de la construcción, gobiernos regionales, municipales, locales y todo aquel que quiera hacer uso de dicha información.

### 1.3.6. Justificación por viabilidad

La ciudad de Ilo cuenta con una planta termoeléctrica la cual fomenta desperdicios de ceniza volante diariamente y en grandes cantidades, asimismo ya se hicieron las coordinaciones respectivas con la empresa que está totalmente dispuesta a apoyarnos en nuestra investigación, también los aditivos inhibidores de corrosión serán bajo la asesoría

del personal encargado de la compra del producto para la elaboración del concreto. Los ensayos según el manual (IGME, 1995), lo que se va a realizar son ligeramente sencillos, pero peligrosos para la salud, pero utilizando los equipos de protección personal y equipos de seguridad se lograra realizar con total normalidad nuestra investigación, los instrumentos y equipos necesarios serán proporcionados por la Universidad Nacional de Ingeniería donde se utilizó las herramientas y equipos básicos para la realización de los diferentes ensayos, sin necesidad de recurrir a algún otro laboratorio.

#### **1.4. Limitación del Estudio**

##### **1.4.1. Limitación Técnica**

Ensayos que se realizaron teniendo en cuenta que sus propiedades del concreto elegidos para la experimentación son: Resistencia a la compresión, Permeabilidad y Carbonatación.

##### **1.4.2. Limitación por viabilidad**

El tiempo, ya que para poder evaluar de forma correcta las probetas de concreto, estas deberían tener largos tiempos de curado que ascenderían a un plazo de tres meses como mínimo, pero se tomó esta limitante a favor visto que podríamos evaluar las probetas a diversos tiempos de curado, lo cual arrojaría resultados más exactos.

El tiempo para viajar de lima a Ilo fundamental para traer el material contaminante que son las cenizas volantes de carbón.

##### **1.4.3. Limitación climatológica**

La existencia de que las pruebas arrojaron resultados errados, debido a condiciones climatológicas o sistemáticas (o referentes al uso de instrumentos y equipos), sin embargo, se contó con laboratorios especializados de concreto en los cuales se desarrollaron ensayos con certificación y confiables.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Demostrar el efecto de la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en las propiedades del concreto, en muros portuarios.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

#### **1.5.2.1. Objetivo específico 1**

Demostrar el efecto de la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en la resistencia a la compresión del concreto, en muros portuarios.

#### **1.5.2.2. Objetivo específico 2**

Demostrar el efecto de la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en la permeabilidad del concreto, en muros portuarios. Objetivo específico 3

#### **1.5.2.3. Objetivo específico 3**

Demostrar el efecto de la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en la carbonatación del concreto, en muros portuarios.



## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

Los muros portuarios contruidos de concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presentan mejores propiedades que los muros portuarios contruidos de concreto tradicional.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

#### **1.6.2.1. Hipótesis específica 1**

Los muros portuarios contruidos de concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presentan mejor resistencia a la compresión que los muros portuarios contruidos de concreto tradicional.

#### **1.6.2.2. Hipótesis específica 2**

Los muros portuarios contruidos de concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presentan menor nivel de permeabilidad que los muros portuarios contruidos de concreto tradicional.

#### **1.6.2.3. Hipótesis específica 3**

Los muros portuarios contruidos de concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presentan menor nivel de profundidad de carbonatación que los muros portuarios contruidos de concreto tradicional.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco Histórico

#### 2.1.1. Ceniza Volante

El primer trabajo publicado sobre investigaciones sobre el uso de cenizas volantes en el concreto data de 1937 y sentó las bases para su especificación, pruebas y usos. Las investigaciones realizadas según Giovan battista , (pablo, 2005) han establecido que las cenizas volantes poseen propiedades puzolánica similar a la ceniza volcánica y merece su utilización en obras de concreto.

El uso de las cenizas volantes en la industria de la construcción a nivel mundial se encuentra ampliamente difundido. Si bien las cenizas volantes tienen aplicaciones diversas, a continuación damos algunos ejemplos de nivel de consumo y utilización en la industria del cemento y el concreto.

La información resumida fue extraída de lo informado de las páginas web de las siguientes asociaciones: The American Coal Ash Association, European Coal Combustion Products Association, Ash Development Association of Australia.

**Tabla 5.**

*Datos estadísticos de consumo de CV en la industria de la construcción*

<b>Datos estadísticos de consume de CV en la industria de la construcción</b>					
<b>País/Región</b>	<b>Año</b>	<b>Cenizas Volantes (Mio Ton)</b>		<b>Usos (%)</b>	
		<b>Producción</b>	<b>Consumo</b>	<b>Cemento</b>	<b>Hormigón</b>
Estados Unidos	2012	50	23	10	50
Comunidad Europea	2009	34	15	32	36
Canadá	2009/11	4	1	33	56
Australia	2012	11	5		37

**Fuente: The American Coal Ash Association**

Después de efectuado el trabajo de Brink y Haisted en 1956 se volvieron clásicos ya que la mayoría de trabajos posteriores solo han repetido y ampliado de una u otra forma los diferentes aspectos descubiertos por investigadores.

En 1985 las cenizas volantes son introducidas como aditivo puzolánica. La utilización de cenizas volantes en la fabricación de hormigón tiene como finalidad la reducción de la cantidad de cemento. La sustitución de una fracción del cemento del hormigón por cenizas volantes resuelve satisfactoriamente este problema. Así pues, las cenizas volantes pueden utilizarse en el hormigón de dos maneras: como elementos activos, aprovechando su carácter puzolánica, o como elemento inerte, es decir, como árido.

Las cenizas se incorporan al hormigón para mejorar la granulometría de la arena, para formar parte del conglomerante como producto cementicio o para ambas finalidades.

Tanto si las cenizas volantes se incorporan para sustituir al cemento, o al árido, éstas deben cumplir todas las normas UNE (UNE 83.275/87, UNE 83.415/87) y además la Norma UNE 83.414/90 tiene recomendaciones para la adición de cenizas volantes a los hormigones.

En Chile, la industria termoeléctrica representa cerca de un tercio de la producción de energía Ministerio de Energía (2012). Sin embargo, las CV son tratadas como desecho y enviadas a depósito y rellenos industriales. Tradicionalmente, la industria cementera en Chile ha usado puzolanas naturales para producir cementos binarios y disminuir su impacto ambiental. Hoy en día, los crecientes costos asociados a la extracción de puzolanas naturales y su transporte vuelven a las CV más atractivas para ser usadas en la producción de cementos puzolánica.

La novedad de esta investigación es el uso de CV como reemplazo de cemento en hormigones. El énfasis del estudio es la sustentabilidad por sobre el desempeño mecánico del material, y el objetivo era maximizar el consumo de CV en el hormigón.

Este estudio según (Rivera, Lopez, Castro, & Martinez, 2013) evaluó el desempeño mecánico de hormigones HVFA producidos con CV chilenas, además de medir algunas de sus propiedades relacionadas a la durabilidad.

Las siguientes conclusiones se pueden obtener del trabajo presentado:

- Las CVC evaluadas cumplen los requisitos de la NCh161, y podrían ser usadas para producir cementos puzolánicos con un alto contenido de CV.
- Los resultados indican que las tendencias observadas en pastas cementicias con CVC son similares a las observadas en hormigones con CVC.
- El uso de CVC como material cementicios en altos volúmenes permite producir hormigones estructurales con un desempeño mecánico similar al de hormigones con cementos puzolánicos, pero con un impacto ambiental considerablemente menor.

Desde un punto de vista económico (Molina Bas, Moragues Terrades, & Gálvez Ruiz, 2008) extiende datos importantes como la vida útil de las infraestructuras se encuentra limitada por el deterioro de los materiales de construcción. En el año 2002, EE.UU. estimó que los costes de corrosión en sus infraestructuras ascienden a los 22,6 mil millones de dólares anuales y se prevé que esa cantidad aumente a razón de \$500 millones anuales.

La Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE-98) define la durabilidad de una estructura de hormigón y su armadura como “su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta”. La penetración del agua y de las sustancias disueltas en ésta, pueden causar el deterioro del hormigón armado. Al igual que la difusión del dióxido de carbono y los iones de cloruro provocan la degradación acelerada del material.

La durabilidad de un hormigón dependerá en gran medida de la capacidad del mismo para resistir estos ataques.

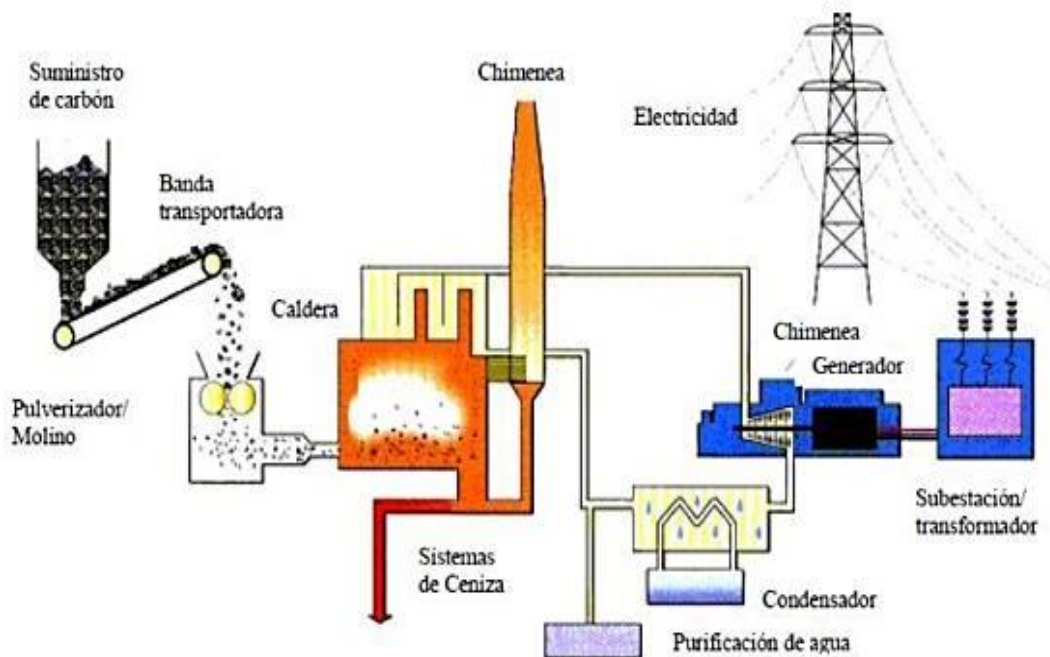
El Comité Euro-International du Béton (CEB) señala que la mayoría de los procesos químicos y físicos que influyen en la durabilidad de las estructuras de hormigón, están condicionados por el transporte a través de los poros y las grietas. La estructura de poros se puede clasificar por su tamaño y distribución. Según la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC por sus siglas en inglés) los poros se clasifican en: micro-poros ( $\varphi < 2$  nm), meso-poros ( $2 \text{ nm} < \varphi < 50 \text{ nm}$ ) y macro-poros ( $\varphi > 50 \text{ nm}$ ).

Los que suelen afectar a la durabilidad son los meso-poros y los macroporos, especialmente en el caso de poros interconectados y porosidad abierta, lo que facilita el transporte de sustancias solubles en líquidos o gases.

Según (Contreras & Peña, 2017) ENGIE Energía Perú se creó en 1996 bajo la denominación social de Powerfin Perú S.A. Al año siguiente, modificó su nombre a Energía del Sur S.A. y, posteriormente, el 2007, pasó a ser EnerSur S.A. Finalmente, el 2016, adopta el nuevo nombre de su grupo corporativo y pasó a llamarse ENGIE Energía Perú S.A.

La Planta posee una turbina a vapor con una potencia nominal de 135 MW, cuenta con una cancha de carbón con capacidad de almacenamiento para 200 mil toneladas y un muelle de 1,250 metros de largo diseñado para buques de 70 mil toneladas de desplazamiento.

Dispone de dos plantas desalinizadoras que proveen de agua industrial y potable a la operación de la central y una planta de tratamiento de aguas servidas destinada a la forestación de las áreas circundantes a la central.



**Figura 3.** Sobre proceso de obtención de carbón pulverizado

Desde el 2004, ENGIE Energía Perú cuenta con la certificación ISO 9001 para sus procesos de generación y comercialización de energía que le permite contar con una política de calidad dirigida a que cada persona de la empresa oriente su trabajo al logro de la máxima satisfacción del cliente, tanto interno como externo, incrementando así el valor de la empresa para el accionista.

El Grupo ENGIE considera fundamental la certificación de sus filiales a nivel mundial, en materia de procesos, negocio, medio ambiente y seguridad.

Por tal motivo, ENGIE Energía Perú cuenta con las recertificaciones ISO 9001:2008 (Gestión de la calidad), ISO 14001:2004 (Gestión del medio ambiente) y OHSAS 18001:2007 (Gestión de seguridad y salud ocupacional) que aseguran la implementación de un sistema de gestión integrado enfocado en calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional que cumple con los requisitos de estas tres normas, así como con la normatividad legal aplicable a nuestras actividades.

## 2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

El trabajo de (Valderrama, Agredo, & Gutiérrez, 2011), en su artículo científico sobre las “características de desempeño de un concreto adicionado con cenizas volantes de alto nivel de inquemados”, con esta investigación se demuestra que:

A partir de los resultados del análisis químico de las CV, y teniendo en cuenta la norma ASTM C618 o su equivalente (NTC 3493), este material corresponde a una ceniza tipo F. Para la evaluación de las propiedades mecánicas y de durabilidad se elaboraron mezclas de concreto adicionadas con CV (10, 20 y 30%) y MS (10%) como reemplazo del cemento. Los agregados utilizados son de origen aluvial; el agregado grueso de tamaño máximo nominal es de 12,7 mm, densidad nominal de 2.624 kg/m<sup>3</sup>, peso unitario de 1.438 kg/m<sup>3</sup> y absorción de 3,1%. partir de los resultados obtenidos se puede concluir que:

El porcentaje óptimo de adición de CV es del 10% desde el punto de vista mecánico, sin embargo incrementos en el porcentaje dan lugar a efectos positivos en las propiedades de absorción capilar y permeabilidad a cloruros.

El trabajo de (Huaquisto, 2016), en su artículo científico sobre el “Efecto de la ceniza volante en la resistencia del concreto en condiciones de clima natural”, con esta investigación se demuestra que: La ceniza volante utilizado en el diseño de mezclas de concreto en porcentajes del 3% al 6% mejora la resistencia, siendo óptimo un valor medio en este rango; además a los 28 días para estos porcentajes de ceniza volante se alcanzan resistencias por encima del concreto normal.

También se aumentó días transcurridos donde alcanza una resistencia considerable hasta los siete días donde las resistencias máximas corresponden al 5% de ceniza volante en la dosificación del concreto.

El uso de grandes volúmenes de ceniza volante incrementa la durabilidad del concreto la impermeabilidad donde es más resistente, aumenta la trabajabilidad y disminuye la pérdida del revenimiento.

Es factible diseñar concretos con edades de 28 días a más, con el fin de mejorar la resistencia a la compresión ya que se demuestra que el óptimo valor es de 3% al 6% para una mejora de resistencia a la compresión para que sea un concreto aceptable.

**Tabla 6.**  
*Resistencias promedio a la compresión simple del concreto, 2016.*

<b>% de ceniza volante</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>	<b>90 días</b>
0.0	146	178	218	226
2.5	147	180	223	231
5.0	150	185	231	235
10.0	139	170	200	211
15.0	125	159	192	204

**Fuente:** Elaboración en base a ensayos de laboratorio

Al sustituir el cemento con la ceniza volante para el aumento de la resistencia del concreto es necesario utilizarlo en un porcentaje óptimo del 3% al 6% sin adición de otras sustancias, de tal manera darle trabajabilidad, durabilidad y menor costo en su elaboración. Finalmente el hecho de adicionarle ceniza volante al concreto implica una reducción de la porosidad dada la finura de este, lo que no implica aumento de la resistencia.

El trabajo de (Quintero & Rico, 2014), en su tesis sobre el “Diseño de mezclas de Hormigón por el método A.C.I. y efectos de la adición de cenizas volantes de termo tasajero en la resistencia a la compresión”, con esta investigación determina:

Para el proyecto se diseñó la mezcla de concreto hidráulico, utilizando el método A.C.I. (American Concrete Institute), con la norma A.C.I. 211.1, basada en la norma ASTM C33. Donde se explica el procedimiento para optimizar la granulometría en las mezclas de concreto. Se elaboraron noventa (90) cilindros con reemplazo en peso, de cemento por ceniza



volante de Termotasajero, en los siguientes porcentajes: mezcla estándar o 0%, 10%, 20%, 25% y 30%, para las siguientes edades: 3 días, 7 días, 14 días, 21 días, 28 días y 60 días.

Se concluyó que al aumentar el contenido de ceniza volante en la mezcla, su resistencia baja por efectos de la presencia de inquemados y deficiencia en la adherencia con los otros materiales que componen la mezcla de concreto hidráulico.

El trabajo de (Valdez-Tamez, Durán-Herrera, Fajardo-San Miguel, & Juárez-Alvarado, 2009), en su artículo científico sobre la “influencia de la carbonatación en morteros de cemento portland y ceniza volante” , con esta investigación determina :

La influencia de la carbonatación en morteros que contienen un 25% de ceniza volante en sustitución del material cementante. Se fabricaron especímenes cilíndricos de mortero para cuatro relaciones Agua/Cementante (A/C) de 0.35, 0.45, 0.55 y 0.65.

Los morteros con y sin ceniza volante fueron sometidos a un proceso acelerado de carbonatación. Se determinó el peso volumétrico, la absorción, la resistencia a la compresión, la permeabilidad al agua, el pH y la poro simetría por intrusión de mercurio. Por efecto de la potencialidad puzolánica de la ceniza volante, para las cuatro relaciones A/C, los resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días de los morteros con y sin ceniza volante permanecen similares. Los morteros con ceniza volante presentan coeficientes de permeabilidad al agua, a 28 días, similares a los morteros sin ceniza volante.

Los resultados de pH indican que la reducción de la alcalinidad es menor en los morteros que contienen ceniza volante en comparación con aquellos que contienen sólo cemento. Para todos los morteros, los resultados de los análisis poro si métricos indican que la porosidad disminuye por efecto de la carbonatación; asimismo, muestran el predominio de los macro y mesoporos.

El trabajo de (Muñoz Salinas & Mendoza Escobedo, 2013), en su artículo científico sobre “La durabilidad en las estructuras de concreto reforzado desde la perspectiva de la norma

española para estructuras de concreto”, con esta investigación da a conocer que la durabilidad de las estructuras de concreto reforzado, es uno de los aspectos más importantes que actualmente el Euro código considera como prioridad en la estimación de la vida útil de las edificaciones. Tan es así que existen tres estados límites: Estado Límite Último, Estado Límite de Servicio, Estado Límite de Durabilidad, que se consideran para comprobar la funcionalidad estructural de las edificaciones.

Para que estos requisitos se cumplan, es importante definir la vida útil que tendrá la edificación en el momento del diseño del proyecto; ésta no podrá ser inferior a lo especificado por las normativas vigentes en el lugar donde se vaya a desarrollar el proyecto. En México las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (NTCC, RCDF) establecen que las estructuras para edificios deben tener una vida útil de 50 años.

Las normas mexicana y española especifican requisitos similares para garantizar la durabilidad de las estructuras de concreto reforzado y pres forzado, sin embargo, la norma española analiza con mayor detalle las causas del deterioro, la forma de contrarrestarlo y da expresiones que permiten calcular la vida útil de las estructuras ante diferentes agentes agresivos.

Los coeficientes y parámetros propuestos por la normativa española pueden requerir de ajustes para su adecuación a las condiciones mexicanas, sin embargo, a falta de información más precisa se puede emplear esa información para la estimación de la durabilidad de las estructuras.

Los autores estiman que las aportaciones que se presentan en este artículo contribuirán a mejorar la práctica mexicana y obtener con ello estructuras más durables.

El trabajo de (López, Mauricio & Castro, José Tomás, 2010), en su artículo científico sobre el “Efecto de las puzolanas naturales en la porosidad y conectividad de poros del hormigón con el tiempo”, con esta investigación se resume en distintos materiales puzolánicos adicionados a las mezclas de hormigón con cemento portland reaccionan con la portlandita formando nuevos silicatos de calcio hidratados los pueden mejorar la durabilidad de estructuras de hormigón.

Con el objetivo de mejorar el entendimiento del rol de las puzolanas naturales en el desempeño del hormigón, este estudio caracterizó la porosidad e interconectividad de los poros de hormigones en función del contenido de puzolanas naturales.

El programa experimental caracterizó la resistencia y permeabilidad de hormigones con diferentes contenidos de puzolanas y con edades entre 28 y 84 días para así evaluar el efecto de las puzolanas en función del tiempo. Los resultados muestran que la ganancia en impermeabilidad debido al uso de puzolanas naturales es muy superior al efecto observado en resistencia. Por ejemplo, hormigones con 33% de puzolanas en reemplazo del cemento presentaron una resistencia a compresión 27% inferior a la del hormigón sin puzolanas; sin embargo, su impermeabilidad fue aproximadamente 200% superior a las de los hormigones sin puzolanas.

Los ensayos de permeabilidad a iones cloruro y absorción capilar, presentaron baja variabilidad y buena correlación con las reacciones puzolánicas. Se concluye que se debe controlar independientemente la permeabilidad y la resistencia del hormigón ya que son afectadas de manera diferente por las reacciones puzolánicas; además, se concluye que para considerar el efecto de las puzolanas se debe ensayar permeabilidad a edades tardías.

El trabajo de (Camacho, J, Bernal, Abdelkader, S, Mahmoud, Pozo, E, Reyes, & Viera, S, Monteagudo, 2013), en su artículo científico sobre el “Estudio de la hidratación de

pastas de cemento portland reemplazadas con escoria granulada de alto horno, ceniza volante y metacaolín : efecto del empleo de dos aditivos superplastificantes”.

Este trabajo de investigación se enfocó en la evaluación del efecto que tienen diferentes materiales de reemplazo y dos aditivos superplastificantes en el desarrollo de las propiedades mecánicas, formación de fases y en la evolución del calor de hidratación de pastas de cemento portland reemplazadas hasta un 60%. Para esto se empleó ceniza volante, escoria granulada de alto horno, metacaolín y humo de sílice.

Las mezclas fueron fabricadas con una relación agua/sólidos de 0.4, 0.3% de aditivo superplastificante e hidratadas durante 60 días. En base a los resultados se confirmó que con el uso de materiales de reemplazo, se redujo la cantidad de hidróxido de calcio, debido a la reacción puzolánica y se incrementó la resistencia a la compresión.

El trabajo de (Curran & Hebé, 2016), en su Tesis Doctoral sobre la “ Caracterización de Hormigones Ecológicos con Adiciones Puzolánicas y Árido Reciclado, y su protección frente a la Corrosión de Armaduras”. Con esta tesis se pretende ampliar el conocimiento sobre el comportamiento mecánico y durabilidad de hormigones fabricados con árido reciclado y una alternativa compuesta por cemento portland (CP), Ceniza Volante (CV) y catalizador de Craqueo Catalítico (FCC), como alternativa sostenible en un material e eficiente, utilizando menos recursos y generando menos residuos y contaminación.

Concluyendo que todos los hormigones con sustituciones, tanto de árido como de cemento presentan valores de resistencia a compresión inferiores a los de un hormigón convencional, sin embargo, las resistencias obtenidas permiten su uso en estructuras según lo establecido por la EHE- 08.

El trabajo de (Sartori & Alvaro, 2015), en su tesis de Magister en Ingeniería Estructural sobre el “Comportamiento de las Armaduras Frente a la Corrosión, En piezas de Hormigón

Armado, Expuestos en un Ambiente Marino y Otro Urbano” . Se desarrolló sobre la base de ejemplares de hormigón con y sin armaduras, elaborados con dos tipos de relación a/c y diferentes recubrimientos de armadura, como los habitualmente utilizados en las obras edilicias convencionales. Los valores de relación a/c considerados, corresponden a los extremos de un rango comúnmente utilizado en dicho tipo de obras.

Entre los resultados obtenidos, se halló para cada relación a/c, el coeficiente de difusión D del ión Cl<sup>-</sup> y de propagación KCO<sub>2</sub> de la carbonatación en los hormigones. Esto permitió, realizar estimaciones de durabilidad sobre hormigones con similares características, que eventualmente se instalen en las condiciones medio ambientales en las que se realizó este estudio. Así entonces, en relación a la pérdida de sección de las armaduras provocada por la corrosión, se pudo estimar cual sería el período de tiempo hasta alcanzar una situación crítica que requiera el refuerzo de las mismas. También se llegó a conclusiones respecto a la influencia de la relación a/c en el ingreso de los agentes contaminantes, desencadenantes de la corrosión de las armaduras.

El trabajo de (Patiño & Venegas, 2017), en su tesis de postgrado sobre el “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”, con esta investigación se demuestra que:

La sustitución del cemento Portland tipo IP por ceniza volante genera una disminución de la resistencia del concreto patrón, pero mantiene el  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para el cual fue diseñado, por lo que el rango recomendado por la NTP 339.078 que recomienda valores de 10% a 20 % del  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días de fraguado, donde mejoran las propiedades de resistencia.

Se obtiene los costos de insumos en la producción del concreto con ceniza volante, el precio por m<sup>3</sup> del concreto con ceniza volante en reemplazo del cemento muestra una

disminución, este análisis fue realizado a nivel de insumos para la elaboración de la mezcla para el concreto de 10% de ceniza volante el precio por m<sup>3</sup> fue S/211.78 nuevo soles representando el 94% del costo del concreto Patrón.

En conclusión el estudio demostró que los valores permitidos de ceniza volante en reemplazo del cemento serian de 10% a 20%, donde cumplen de acuerdo al rango establecido por la NTP 339.078 tienen mejor comportamiento en las propiedades mecánicas del concreto.

El trabajo de (Contreras & Peña, 2017), en su tesis de post grado sobre el “Análisis de la resistencia a la compresión y permeabilidad en el concreto adicionando dosificaciones de cenizas volantes de carbón en la mezcla”, con esta investigación se demuestra que:

La incorporación de ceniza volante de carbón para influenciar en la resistencia a la compresión de un concreto requiere de una dosificación que se encuentra entre el 1.5% y 6%, para generar un aumento significativo, lo que quiere decir que una estructura puede resistir mucha más carga para la que fue diseñada.

Se analizaron la adición de cenizas volantes de carbón el mezcla se observó la disminución de penetración de agua que se genera en el ensayo de permeabilidad en función a las dosificaciones aplicadas.

En conclusión la ceniza volante de carbón es recomendable usar un rango intermedio de 1.5% y 6% para notar el aumento en la resistencia a la compresión así como la disminución en penetración de agua. También el tener en cuenta para el concreto con adición de ceniza volante de carbón su diseño será de 28 días.

Finalmente, a partir del estudio de las variables presentes en la investigación, se obtuvieron resultados excelentes para el concreto, tanto en beneficio como en costo.

## 2.3. Estructura Teórica y Científica que sustenta el estudio

### 2.3.1. Ceniza Volante

La norma ASTM-C-618-08 define el término ceniza volante como: “El residuo finamente dividido que resulta de la combustión del carbón molido o en polvo, y que es transportado por los gases de combustión”.

“Esta definición de ceniza volante no incluye, entre otras cosas, el residuo resultante de: (1) el quemado de basura municipal o cualquier otro desecho con carbón; (2) la inyección de cal directamente dentro de caldera para remover el azufre; o (3) el quemado de basura industrial o municipal en incineradores, comúnmente conocida como “ceniza de incinerador”.

Se puede definir la ceniza volante como un subproducto de la combustión del carbón en las centrales termoeléctricas para la producción de energía eléctrica.

Básicamente son cuatro los tipos de carbón que se utilizan en las centrales termoeléctricas: antracita, bituminoso, sub-bituminoso y lignito, en los que varía principalmente el poder calorífico y la cantidad de carbón fijo presente. El tipo de carbón utilizado influenciará en el tipo de ceniza volante que se obtenga.

La norma ASTM-C-618-08 divide en tres los tipos de ceniza volante:

- Clase N: Puzolanas naturales calcinadas o en crudo que cumplen con los requisitos aplicables para la clase como los dados aquí, tal como tierras diatomáceas, horstenos o esquistos opalinos, tobas y cenizas volcánicas o piedra pómez, calcinadas o no; y varios materiales que requieren calcinación para inducir propiedades satisfactorias, como algunas arcillas y esquistos.
- Clase F: Ceniza volante que cumple con los requisitos aplicables para esta clase como los dados aquí. Esta clase de ceniza volante tiene propiedades puzolánicas.

- Clase C: Ceniza volante que cumple con los requisitos aplicables para esta clase como los dados aquí. Esta clase de ceniza volante, además de poseer propiedades puzolánicas, también tiene algunas propiedades cementicias

De acuerdo con (Alonso & Luxan, 1995) las cenizas volantes presentan las siguientes propiedades:

- Capacidad reactiva, lo que las hace aptas para múltiples aplicaciones. Otra de sus propiedades es la puzolánicas e hidráulica, aunque se necesita de un período más o menos largo de tiempo para que se manifieste su reactividad puzolánica.
- Las cenizas volantes aumentan la trabajabilidad del material en estado plástico, debido a un aumento en la dispersión de las partículas del sistema.
- Las cenizas volantes en los morteros disminuyen las expansiones asociadas a la reacción árido-álcalis, disminuyendo la pérdida por durabilidad.
- El contenido de agua libre (que no reacciona con el cemento) es mayor en presencia de cenizas volantes a primeras edades, y por lo tanto la porosidad del sistema también será mayor. Sin embargo, dado que las cenizas volantes aumentan la trabajabilidad, es posible reducir la relación agua / cemento, contrarrestando la mayor porosidad.
- Las resistencias mecánicas al utilizar cenizas volantes serán menores en las primeras edades, comparadas con las alcanzadas en cementos Portland. Las cenizas actúan como un diluyente inerte, durante el tiempo de incubación de la reacción puzolánica. A edades largas se produce un refinamiento de la estructura porosa debido a la evolución de la actividad puzolánica.
- Las cenizas volantes reducen el calor de hidratación en el cemento debido al menor contenido de alita (C3S) procedente del Clinker Portland.



Este compuesto es el responsable en su mayor parte del calor desprendido durante la hidratación del cemento Portland. La reacción puzolánica también es exotérmica, pero su desprendimiento es progresivo en el tiempo.

- Las cenizas volantes incorporadas al cemento mejoran su durabilidad en determinados ambientes sulfatados y de agua de mar.

### **2.3.2. Dosificación de hormigones con cenizas y fabricación de los mismos**

Las cenizas se incorporan al hormigón para mejorar la granulometría de la arena, para formar parte del conglomerante como producto cementicio o para ambas finalidades.

Teniendo en cuenta el manual (IGME, 1995), si se emplea como sustitución parcial del árido fino con el objeto de mejorar su granulometría para conseguir una trabajabilidad mayor del hormigón, las cenizas volantes deberán cumplir las especificaciones contenidas en la norma UNE ( Excepto para la finura y a la actividad resistente).

Si las cenizas volantes se incorporan al hormigón sustituyendo parcialmente al cemento deberán tenerse en cuenta los aspectos siguientes:

- El cemento debe ser tipo portland o tipo I.
- Las cenizas deberán cumplir las especificaciones contenidas en la norma.
- Las resistencias mecánicas a corto plazo serán inferiores a las de un hormigón sin cenizas con igual cantidad de producto cementicio.
- La cantidad de cenizas volantes que suelen utilizar para sustituir al cemento oscila entre el 15 y el 35 por 100 del total del material cementicio.
- Deben tenerse en cuenta los límites establecidos en la normativa de hormigones, tabla 8, sobre la relación agua/cemento y el contenido mínimo de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón, según el tipo de ambiente en el que se ubique la construcción.

En este caso la relación agua/cemento y al contenido de hormigón siempre que no se sobrepase el 30 por 100 de sustitución.

**Tabla 7.**

*Tiempo mínimo de curado de los hormigones fabricados con cemento sin y con adiciones*

Cemento	Ambiente	Mínimo Tiempo curado (en días)		
		Temperatura Media en la cara del hormigón		
		5 – 10 °C	> 10°C	5 > t > 25°C
Sin adiciones	Bueno	-	-	-
	Medio	4	3	60/(t + 10)
	Malo	6	4	80/(t + 10)
Con adiciones	Bueno	-	-	-
	Medio	6	4	80/(t + 10)
	Malo	10	7	140/(t + 10)

**NOTAS:**

**Bueno – Humedad relativa > 80%. Hormigón protegido del viento y del sol.**

**Malo – Humedad relativa > 50% Hormigón no protegido del viento ni del sol.**

**Medio – Ambiente intermedio entre los dos anteriores.**

### 2.3.2.1. Efectos de las cenizas volantes en el hormigón fresco

En el hormigón fresco las cenizas afectan a las siguientes propiedades:

- Trabajabilidad :

La trabajabilidad o docilidad depende del volumen de pasta, la relación agua/cemento (A/C), y la proporción, granulometría y forma de los áridos, entre otros factores.

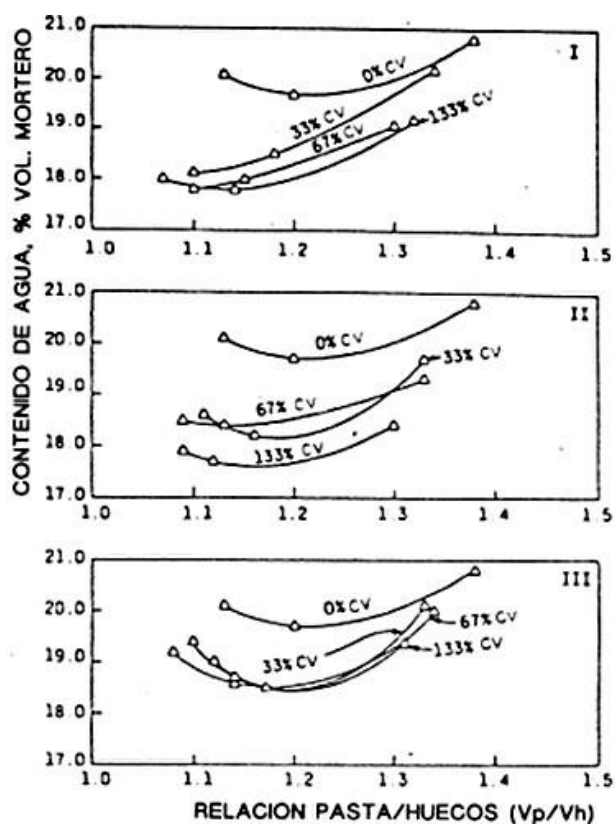
Normalmente, la adición de cenizas volantes aumenta el volumen de la pasta, por su menor densidad.

La dosificación del hormigón con ceniza volante para obtener una resistencia a compresión dada, exige una sustitución en peso superior a 1:1, por tanto, la relación pasta/áridos aumenta aún más.

Las cenizas volantes mejoran también la granulometría de los áridos suavizando la distribución de finos.

También la esfericidad de las partículas de las cenizas volantes mejora la docilidad del hormigón reduciendo la fricción en la interfase árido/pasta, produciendo un efecto lubricante de rodamiento en los puntos de contacto entre áridos.

En la **Figura 4** aparece la correlación entre el cociente volumen de pasta/volumen de huecos y el contenido de agua (en % de volumen de mortero), según datos de IGME (1995), obtenidos para diferentes contenidos de cenizas volantes (expresados en % del peso del cemento) y realizados para tres cenizas volantes de plantas diferentes.



**Figura 4.** Reducción del contenido de agua mediante cenizas volantes

### 2.3.3. Procedimientos de recolección de datos los cuales se realizan con referencia a las NTP.

Según el (Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013), dice que, se debe tener en consideración: Ubicación, Potencia, Condiciones de Explotación, características principales de los materiales que puedan obtenerse, rendimientos, propiedad y disponibilidad de uso de cantera.

### **2.3.3.1. Ensayos de los agregados**

#### **NTP 400.010:2011 (revisada el 2016) - AGREGADOS. Extracción y preparación de la muestra.**

La presente Norma Técnica Peruana establece los procedimientos del muestreo del agregado grueso, fino y global, para los propósitos siguientes:

- Investigación preliminar de la fuente potencial de abastecimiento
- Control en la fuente de abastecimiento.
- Control de las operaciones en el sitio de su utilización.
- Aceptación o rechazo de los materiales

#### **NTP 339.185:2013 (revisada el 2018) - AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.**

Este método de ensayo establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje de determinado por este método.

#### **NTP 400.037:2018 - AGREGADOS. Agregados para concreto.**

Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón.

Esta Norma Técnica Peruana se aplica para el contratista, el proveedor del hormigón (Concreto) u otros vendedores como parte del documento de venta en que se describe el material a proporcionar. Los requisitos de gradación son igualmente válidos para ser usados en las especificaciones que definen la calidad y otras características del agregado.

### **NTP 400.012:2013 (revisada el 2018) - AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.**

Esta Norma Técnica Peruana se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales.

Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados. Los datos también pueden ser utilizados para correlacionar el esponjamiento y el embalaje.

### **NTP 400.017:2011 (revisada el 2016) - AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.**

Esta Norma Técnica Peruana establece la determinación de la densidad de masa (“Peso unitario”) del agregado en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación. Este método de ensayo es aplicable los agregados que no excedan los 125 mm como tamaño nominal máximo.

### **NTP 400.021:2013 (revisada el 2018) - AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.**

Establece un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

#### **2.3.4. Diseño de Mezcla de concreto**

Este proceso se aplicará para determinar las cantidades de materiales por metro cubico de concreto pueden ser determinados; cuando se emplea el método del comité 211 del ACI.

### **2.3.5. Elaboración de probetas**

Ensayo de agregados: Se necesita en primera instancia conocer las características del agregado a emplear, para poder elaborar el diseño de mezcla.

### **2.3.6. Ensayo de Resistencia a la Compresión**

Para determinar la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas reforzadas con Cenizas Volantes de Carbón, se realizarán los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.034:2015 - Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

### **2.3.7. Ensayo de permeabilidad mediante el permeámetro de carga variable**

El ensayo para determinar la permeabilidad del concreto patrón y con la adición de aditivos protectores, se realizó mediante un permeámetro de carga variable, el cual fue elaborado siguiendo los parámetros estipulados en el ACI 522 R

### **2.3.8. Profundidad de carbonatación**

Para determinar la Profundidad de carbonatación en las probetas cilíndricas reforzadas con aditivos protectores, se realizarán los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en la Norma Europea EN 14630:2007 – Método para determinar la profundidad de carbonatación en un hormigón endurecido por el método de la fenolftaleína.

## **2.4. Definición de términos básicos**

### **Concreto:**

Es la mezcla de un aglomerante (material cementante incluyendo cemento. Portland hidráulico y eventualmente adiciones), un material de relleno (agregados o áridos), agua y aditivos, que al endurecer forman un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión (Guzman, 2001).

## **Tipos de Concreto:**

Los diferentes tipos de concreto que reconoce la Norma Técnica Peruana son:

### **Concreto Estructural:**

Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado (Ministerio de vivienda, 2009).

### **Concreto Armado o Reforzado**

Concreto estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero, pre esforzado o no (Ministerio de vivienda, 2009).

### **Concreto Simple**

Concreto estructural sin armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para concreto reforzado. (Ministerio de vivienda, 2009)

### **Concreto Estructural Liviano**

Concreto con agregado liviano que cumple con lo especificado en la NTP E060, y tiene una densidad de equilibrio, determinada por Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete (ASTM C 567), que no excede 1850 kg/m<sup>3</sup>. En esta Norma, un concreto liviano sin arena natural se llama “concreto liviano en todos sus componentes” y un concreto liviano en el que todo el agregado fino sea arena de peso normal se llama “concreto liviano con arena de peso normal” (Ministerio de vivienda, 2009).

### **Concreto Peso Normal**

Es un concreto que tiene un peso aproximado de 2300 Kg/m<sup>3</sup> (Ministerio de vivienda, 2009).

### **Concreto Ciclópeo**

Se denomina así al concreto simple que esta complementado con piedras desplazadoras de tamaño máximo de 10”, cubriendo hasta el 30% como máximo, de volumen total. Las piedras deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable que

cada piedra, en su ubicación definitiva debe estar totalmente recubierta de concreto simple (Castillo, 2009).

### **Concreto Premezclado**

Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra (Ministerio de vivienda, 2009).

### **Concreto Pre-Esforzado**

Concreto estructural al que se le han introducido esfuerzos internos con el fin de reducir los esfuerzos potenciales de tracción en el concreto causados por las cargas (Ministerio de vivienda, 2009).

### **Componentes del concreto**

La tecnología del concreto moderno define para este material cuatro componentes: Cemento, agua y agregados, y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Cemento**

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas de calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes (Pasquel Carbajal, 1998).



**Tabla 8.**  
*Tipos de cemento sin adición*

<b>Tipo I</b>	Destinado a obras en general que le exigen propiedades especiales.
<b>Tipo II :</b>	Destinado a obras expuestas a la acción moderada de los sulfatos y a obras en donde se requiere moderado calor de hidratación.
<b>Tipo III:</b>	Desarrolla altas resistencias iniciales.
<b>Tipo IV:</b>	Desarrolla bajo calor de hidratación.
<b>Tipo V:</b>	Ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos.

**Fuente: Pasquel Carbajal**

### **Cemento Portland Tipo IP**

Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre 15% y 40% del peso total. La puzolana es un material sílico aluminoso que por sí mismo posee poco o ningún valor cementicio pero que, dividido finamente, con la presencia de agua y a la temperatura ambiente normal, es capaz de reaccionar químicamente con el Hidróxido de calcio para formar compuestos con propiedades cementicias (Pasquel Carbajal, 1998).

**Tabla 9.**  
*Cemento Portland IP*

<b>CEMENTO PORTLAND IP</b>	
PESO ESPECÍFICO	2.82 gr./cm <sup>3</sup>
SUPERFICIE ESPECÍFICA	4700 cm <sup>2</sup> /gr.

**Fuente: (RIIVA, 2000)**

### **Mecanismos de hidratación del cemento**

Se denomina hidratación al conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados. La velocidad con que se desarrolla la hidratación es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente proporcional al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápida y va disminuyendo

paulatinamente en el transcurso de los días, aunque nunca se llega a detener.

Contrariamente a lo que se creía hace años, la reacción con el agua no une las partículas de cemento sino que cada partícula se dispersa en millones de partículas de productos de hidratación desapareciendo los constituyentes iniciales, el proceso es exotérmico generando un flujo de calor hacia el exterior denominado calor de hidratación.

Dependiendo de las temperaturas, el tiempo y la relación entre la cantidad de agua y cemento que reaccionan, se pueden definir los siguientes estados que se han establecido de manera arbitraria para distinguir las etapas del proceso de hidratación (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Estado Fresco**

Al principio el concreto parece una “masa”. Es blando y puede ser trabajado o moldeado en diferentes formas y así se conserva durante la colocación y la compactación. Las propiedades más importantes del concreto fresco son la trabajabilidad y la cohesividad (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Estado Fraguado**

Después el concreto empieza a ponerse rígido. Cuando ya no está blando, se conoce como FRAGUADO del concreto. El fraguado tiene lugar después de la compactación y durante el acabado (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Estado Endurecido**

Después de que el concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y se endurece. Las propiedades del concreto endurecido son resistencia y durabilidad (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Agregados**

Los agregados, también llamados áridos, son materiales inertes ya que normalmente no presentan reacciones químicas durante el proceso de fabricación de un concreto; sin embargo determinan gran parte de las características finales del concreto, tales como uniformidad, durabilidad y resistencia.

La calidad de los agregados está determinada por el origen, por su distribución granulométrica, densidad, forma y superficie.

Son el mayor constituyente de la mezcla de concreto, generalmente componen entre el 70 y 80 % de la mezcla de metro cúbico de concreto, son obtenidos generalmente de canteras naturales y depósitos de grava explotados por el hombre (Pasquel Carbajal, 1998).

## **Clasificación de los Agregados**

### **Clasificación por su origen**

Por su origen los agregados se clasifican en Agregados Naturales y Agregados Artificiales (Pasquel Carbajal, 1998).

#### **Agregados Naturales:**

Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto (Pasquel Carbajal, 1998).

#### **Agregados Artificiales:**

Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Clasificación por su Tamaño**

De acuerdo a su tamaño los agregados se clasifican en: Agregado Fino y Agregado Grueso (Pasquel Carbajal, 1998).

#### **Agregado Fino**

Es aquel que pasa íntegramente el tamiz de 3/8" y como mínimo en un 95% el Tamiz N° 4, quedando retenido en el Tamiz N° 200.

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan al tamiz NTP 9.5 mm (3/8”) y que cumplen con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Agregado Grueso**

Es aquel que queda retenido, como mínimo, en un 95% en el Tamiz N° 4 (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Agua**

Siendo el agua un elemento indispensable para el proceso de hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales, si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Curado con Agua**

El método elegido debe proporcionar una cubierta de agua continua y completa libre de cantidades perjudiciales de materias deletéreas o de otras que ataquen, manche, o decoloren el concreto. Se debe evitar el impacto térmico debido al empleo de agua fría (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Inmersión**

Se emplea cuando se trata de losas como pisos de puentes, pavimentos, techos planos, es decir cualquier lugar donde sea posible crear un charco de agua mediante un bordo o dique de tierra u otro material en el borde de una losa.

Debe evitarse los daños provocados por la liberación prematura; el agua de curado no debe de ser de 11°C más fría que el concreto, ya que el posible desarrollo de esfuerzos de temperatura en la superficie puede causar agrietamiento (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Aditivos**

Los aditivos son productos que se adicionan en pequeña proporción al concreto durante el mezclado en porcentajes entre 0.1% y 5% (según el producto o el efecto deseado) de la masa o peso del cemento, con el propósito de producir una modificación en algunas de sus propiedades originales o en el comportamiento del concreto en su estado fresco y/o en condiciones de trabajo en una forma susceptible de ser prevista y controlada (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Aditivos Naturales**

Aquellos que encontramos en la naturaleza, el limo de 3 al 5%, un rango de 2% que podemos manejar como aditivo para retardar el fraguado. Aguas saladas actúan como retardadores de fragua, disminuyendo el calor de hidratación, perjudicial en la presencia del concreto. Las aguas azucaradas aceleran el fraguado (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Aditivos Artificiales**

Fabricados en laboratorio, de los principales tenemos:

#### **Acelerantes**

Disminuyen el tiempo de fraguado, endurecimiento pronto antes de tiempo (Pasquel Carbajal, 1998).

#### **Retardadores**

Retarda el endurecimiento (Pasquel Carbajal, 1998).

#### **Plastificante**

Realizar más trabajable la mezcla (Pasquel Carbajal, 1998).

#### **Impermeabilizantes**

Grasos o aceitosos que logran la impermeabilización al 100% (Pasquel Carbajal, 1998).

#### **Incorporadores de aire**

Actúa como efervescente (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Propiedades del Concreto**

Las propiedades del concreto son sus características o cualidades básicas. Las cinco propiedades del concreto son: trabajabilidad, durabilidad, impermeabilidad, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

Las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. Por tanto, para una estructura específica resulta utilizar un concreto que tenga las características necesarias, aunque este débil en otras (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Trabajabilidad**

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante un tiempo determinado según sea la calidad del cemento. Actualmente la trabajabilidad se puede medir con la aguja de Vicat en función del tiempo de fraguado o endurecimiento (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Durabilidad**

Es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo.

El concreto debe ser capaz de resistir a la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufridos por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2% a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revenimiento protector a la superficie (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Impermeabilidad**

Es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua.

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades, después de la evaporación, y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto.

La inclusión de aire así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Resistencia a la compresión**

Es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm<sup>2</sup>, MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi) (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Permeabilidad**

Es la cantidad de migración de agua u otras sustancias líquidas por los poros del material en un determinado tiempo; y así ser el resultado de: la composición de la porosidad en la pasta de concreto, la hidratación o la asociación con la liberación de calor (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Ataque por cloruros**

Es uno de los principales mecanismos de deterioro que afecta al funcionamiento de las estructuras sobre todo en ambientes agresivos como cerca de las costas (Pasquel Carbajal, 1998).

### **La Carbonatación**

Es un fenómeno natural que ocurre todos los días en miles de estructuras de concreto en todo el mundo. Es un proceso bien comprendido que ha sido investigado y documentado perfectamente. En concreto que no contiene acero de refuerzo, la carbonatación es, generalmente, un proceso de pocas consecuencias. Sin embargo, en el concreto reforzado,



este proceso químico aparentemente inocuo, avanza lenta y progresivamente hacia adentro desde la superficie expuesta del concreto, y asalta al acero de refuerzo causando la corrosión (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Agentes agresivos**

Que pueden atentar contra la durabilidad del hormigón son muchos y no es fácil intentar su clasificación (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Muelles**

Son estructuras ubicadas en la orilla de la playa o mar, riberas de río, su función es servir entre enlace del transporte marítimo y el terrestre (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Corrosión**

La terminología de la ASTM (G15) define la corrosión como “la reacción química o electroquímica entre un material, usualmente un metal y su medio ambiente, que produce un deterioro del material y de sus propiedades” (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Ceniza Volante**

Las cenizas volantes son como granos de polvo que se componen principalmente de partículas vítreas esféricas, producidas durante la combustión de carbón.

Las cenizas volantes están constituidas fundamentalmente por partículas vítreas, esféricas o redondeadas, de granulometría muy fina y con composición química muy similar a la de la materia mineral del carbón, de la que procede. Sus componentes principales son sílice, alúmina, óxido férrico y cal, en diferentes proporciones según su origen. También se encuentran en la ceniza partículas irregulares y angulosas, tanto minerales como partículas de carbón quemado (coque). (Pasquel Carbajal, 1998).

### **Tipos de Ceniza Volante**

Existen principalmente dos tipos de cenizas volantes:

Clase C: Las cenizas volantes que se consideran en este grupo presentan propiedades cementicias y puzolánica, obtenidas de lignitos y carbones su bituminosos.

Deben tener un contenido mínimo de  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  del 50% y un máximo en cal del 20% para poder ser empleadas en hormigones. Clase F: Son las cenizas volantes normalmente obtenidas en la combustión de antracitas y carbones bituminosos, con un contenido mínimo de  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  del 70% en peso y presentan también propiedades puzolánica (Pasquel Carbajal, 1998).

## CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Variable

Las variables en la investigación, representan un concepto de vital importancia dentro de un proyecto. Son los conceptos que forman enunciados de un tipo particular denominado hipótesis, de lo cual se divide en Variable Independiente (V.I) y Variable Dependiente (V.D).

### 3.1.1. Variable Dependiente

- **Propiedades del Concreto:** El concreto de uso común o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que generalmente se designa como aditivo. Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como una revoltura de concreto se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire.

#### **Dimensiones de la Variable:**

- **Resistencia a la Compresión:** Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados.
- **Permeabilidad:** Es la capacidad de un material para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable.
- **Carbonatación:** La carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonatación.

### 3.1.2. Variable Independiente

- **Ceniza Volante de Carbón:** Según en la norma ASTM-C-618-08 define el término ceniza volante como: “El residuo finamente dividido que resulta de la combustión del carbón molido o en polvo, y que es transportado por los gases de combustión”.

### 3.2. Operacionalización de las Variables

**Tabla 10.**

*Operacionalización de las variables*

<b>Variable dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Indicador</b>
Propiedades del concreto	Resistencia a la Compresión	Es el esfuerzo máximo que soporta el concreto bajo una carga axial.	Carga máxima (kg/cm <sup>2</sup> ) en Tiempo (7, 14, 28) días
	Permeabilidad	Es el nivel de filtración entre los poros del concreto con una presión baja.	Nivel de filtración (mm)
	Carbonatación	Es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto.	Nivel recorrido del PH (mm)
<b>Variable Independiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Indicador</b>
Aditivo Protector	Ceniza volante de carbón	Polvillo generado por las termoeléctricas, reutilizado para el diseño de mezcla en reemplazo porcentual del cemento.	Porcentaje

Fuente: Propia

### 3.3. Tipo de Estudio

#### Cuasi Experimental

Son de esquemas de investigación no aleatorios. Dado la no aleatorización, no es posible establecer de forma exacta la equivalencia inicial de los grupos, como ocurre en los diseños experimentales. Cook y Campbell (1986) considera los cuasi-experimentos como una alternativa a los experimentos de asignación aleatoria, en aquellas situaciones sociales donde se carece de pleno control experimental.

Los cuasi-experimentos son como experimentos de asignación aleatoria en todos los aspectos, excepto en que no se puede presumir que los diversos grupos de tratamiento sean inicialmente equivalentes dentro de los límites de error muestral.

El diseño cuasi-experimental consiste en la escogencia de los grupos, en los que se prueba una variable, sin ningún tipo de selección aleatoria o proceso de pre-selección. Después de esta selección, el experimento procede de manera muy similar a cualquier otro, con una variable que se compara entre grupos diferentes o durante un período de tiempo.

### **3.4. Metodología**

El método para el estudio será mediante el método ACI es el más adecuado para el diseño de mezclas de concreto, en el cual se rige mediante dosificaciones adecuadas siendo este el método requerido para la mayoría de investigaciones que requieran de probetas de concreto, donde mediante probetas cilíndricas de muestra cuyos ensayos serán respecto a las variables determinadas y así poder tener una relación existente, las características del concreto a edades de 7, 14 y 28 días.

### **3.5. Diseño**

El proyecto de investigación será trabajado en laboratorio, en otras palabras el modelo en el cual está basado es Cuasi experimental, debido a que nos dará a conocer las causas y los fenómenos que ocurren al reemplazar porcentajes de ceniza volante de carbón al concreto tradicional y analizar los cambios que se produce para poder explicar los fenómenos ocurridos, de acuerdo a métodos y técnicas de recaudación de información sobre el tema de investigación. Se tomaran grupos que ya están integrados, por lo que las unidades de análisis se asignaran aleatoriamente.

Casi todos los diseños cuasi experimentales cuentan con un grupo experimental que recibe el tratamiento y un grupo de control, y que se utiliza para controlar los cambios observados en el grupo experimental, se debe al tratamiento aplicado y no a otras variables. Tanto en el grupo experimental como en el control se registran una serie de medidas de la VD denominadas Pretest (tomadas antes del tratamiento) y postes (cuando se toma después). Con la letra “O” se señala la medida adoptada y su orden de registro, señalamos la presencia de un tratamiento mediante el símbolo “X”, como se presenta en el siguiente esquema de un diseño cuasi experimental:

	Pretest		Postest
<b>Grupo experimental</b>	$O_1$	X	$O_2$
<b>Grupo de control</b>	$O_1$		$O_2$

*Figura 5.* Diseño Cuasi Experimental

### 3.6. Población, muestra y muestreo (Materiales, instrumentos y métodos)

#### 3.6.1. Población

Construcción de muros portuarios, muelles de Ancón. Probetas cilíndricas elaboradas en el laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Nacional de Ingeniería, según las normas NTP 339.034 “Método de ensayo normalizado para la demostración de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas”.

#### 3.6.2. Muestreo

Esta investigación es de Muestreo no probabilístico (no aleatorio). El muestreo no probabilístico es una técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados. Los sujetos en una muestra no probabilística generalmente son seleccionados en función de su accesibilidad o a criterio personal e intencional del investigador. En esta investigación los resultados se darán mediante una cantidad de probetas cilíndricas a ensayar para definir los diferentes tipos de variables ya dichas.

### 3.6.3. Muestra

Teniendo en cuenta que lo que queremos es saber cuántas probetas cilíndricas de concreto debemos realizar para que nuestros ensayos de investigación sean confiables, se entiende que estamos hablando de un promedio y por lo tanto nuestra variable sería cuantitativa y al abarcar de una población desconocida, la fórmula a usar para nuestra investigación sería:

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

**Dónde:**

**Z** = es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza fijado por el investigador **Tabla 11**.

**S** = Desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador. Obtenida por estudios anteriores, muestra piloto, criterio de experto o distribución de la variable de interés.

**E** = error permitido fijada por el investigador.

**n<sub>0</sub>** = Tamaño de la muestra.

**Tabla 11.**  
*Valor (Z) según su nivel de confianza*

NIVEL DE CONFIANZA	Z
90%	1.64
91%	1.70
92%	1.75
93%	1.81
94%	1.88
95%	1.96
96%	2.05
97%	2.17
98%	2.33
99%	2.58

**Fuente: Google Chrome**

Para el **Ensayo de Resistencia a la compresión** se tomó en consideración lo siguiente:

**Z** = El nivel de confianza para esta investigación será de 99% (**Z = 2.58**)

**S** = Desviación estándar de la variable fundamental del estudio será de 11.51

**E** = el margen de error se estimará de 7

$$n_0 = \frac{2.58^2 \times 11.51^2}{7^2}$$

$$n_0 = 18$$

Con 18 probetas cilíndricas de probetas, se garantiza una estimación del promedio con un error de 7 kg/cm<sup>2</sup> y un nivel de confianza de 99%, entre probetas de concreto patrón y probetas de concreto adicionado 15% de Ceniza Volante de Carbón.

**Tabla 12.**

*Cantidad de probetas a realizar para el ensayo resistencia a la compresión*

<b>PROBETAS PARA ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>		
<b>PATRÓN</b>		
<b>7 Días</b>	<b>14 Días</b>	<b>28 Días</b>
3	3	3
<b>15 % CENIZA VOLANTE DE CARBÓN</b>		
<b>7 Días</b>	<b>14 Días</b>	<b>28 Días</b>
3	3	3
<b>TOTAL DE PROBETAS</b>		<b>18</b>

Fuente: Elaboración Propia

Para el **Ensayo de Permeabilidad** se tomó en consideración lo siguiente:

**Z** = El nivel de confianza para esta investigación será de 99% (**Z = 2.58**)

**S** = Desviación estándar de la variable fundamental del estudio será de 4.75

**E** = el margen de error se estimara de 5

$$n_0 = \frac{2.58^2 \times 4.75^2}{5^2}$$

$$n_0 = 6$$



Con 6 probetas cilíndricas de probetas, se garantiza una estimación del promedio con un error de 5 mm de filtración y un nivel de confianza de 99%, entre probetas de concreto patrón y probetas de concreto adicionado 15% de Ceniza Volante de Carbón.

**Tabla 13.**

*Cantidad de probetas a realizar para el ensayo de permeabilidad*

<b>PROBETAS PARA ENSAYO DE PERMEABILIDAD</b>		
<b>PATRÓN</b>		
<b>7 Días</b>	<b>14 Días</b>	<b>28 Días</b>
		3
<b>15 % CENIZA VOLANTE DE CARBÓN</b>		
<b>7 Días</b>	<b>14 Días</b>	<b>28 Días</b>
		3
<b>TOTAL DE PROBETAS</b>		<b>6</b>

Fuente: Elaboración Propia

Para el **Ensayo de Carbonatación** se tomó en consideración lo siguiente:

**Z** = El nivel de confianza para esta investigación será de 99% (**Z = 2.58**)

**S** = Desviación estándar de la variable fundamental del estudio será de 2.84

**E** = el margen de error se estimara de 3

$$n_0 = \frac{2.58^2 \times 2.84^2}{3^2} = 6$$

Con 6 probetas cilíndricas de probetas, se garantiza una estimación del promedio con un error de 3 mm de recorricio de PH y un nivel de confianza de 99%, entre probetas de concreto patrón y probetas de concreto adicionado 15% de Ceniza Volante de Carbón.

**Tabla 14.**

*Cantidad de probetas a realizar para el ensayo de carbonatación*

<b>PROBETAS PARA ENSAYO DE CARBONATACIÓN</b>		
<b>PATRÓN</b>		
<b>7 Días</b>	<b>14 Días</b>	<b>28 Días</b>
		3
<b>15 % CENIZA VOLANTE DE CARBÓN</b>		
<b>7 Días</b>	<b>14 Días</b>	<b>28 Días</b>
		3
<b>TOTAL DE PROBETAS</b>		<b>6</b>

Fuente: Elaboración Propia

### **3.7. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

Para el procesamiento de los datos, se usará hojas de cálculo en Microsoft Excel, los cuales estarán acordes con las normas antes utilizadas.

Para una mejor interpretación de los resultados, se dispondrán en tablas y gráficos estadísticos y nos apoyaremos del software del T-.STUDENT.

La técnica principal para la recolección de datos es el Diagrama de Flujo, que viene a ser una representación pictórica de los pasos realizados en el proceso. Útil para determinar cómo funciona realmente el proceso para obtener un resultado. Los diagramas de flujo se pueden aplicar a cualquier aspecto del proceso desde el flujo de materiales hasta los pasos para hacer la venta u ofrecer un producto. Como se puede apreciar en el siguiente esquema **ANEXO 03**.

### **3.8. Procedimiento de análisis de datos**

Para el procedimiento de recolección de datos, se rigió en una ordenada serie de pasos los cuales se realizan con referencia a Normas.

#### **3.8.1. Selección de Cantera**

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013) dice que, se debe tener en consideración: Ubicación, Potencia, Condiciones de Explotación, características principales de los materiales que puedan obtenerse, rendimientos, propiedad y disponibilidad de uso de cantera.

#### **3.8.2. Ensayos de los Agregados**

**NTP 400.010:2011 (revisada el 2016) - AGREGADOS. Extracción y preparación de la muestra.**

La presente Norma Técnica Peruana establece los procedimientos del muestreo del agregado grueso, fino y global, para los propósitos siguientes:

- Investigación preliminar de la fuente potencial de abastecimiento
- Control en la fuente de abastecimiento.
- Control de las operaciones en el sitio de su utilización.
- Aceptación o rechazo de los materiales

**NTP 339.185:2013 (revisada el 2018) - AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.**

Este método de ensayo establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje de determinado por este método.

**NTP 400.037:2018 - AGREGADOS. Agregados para concreto.**

Esta Norma Técnica Peruana se aplica para el contratista, el proveedor del hormigón (Concreto) u otros vendedores como parte del documento de venta en que se describe el material a proporcionar. Los requisitos de gradación son igualmente válidos para ser usados en las especificaciones que definen la calidad y otras características del agregado.

**NTP 400.012:2013 (revisada el 2018) - AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.**

Esta Norma Técnica Peruana se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales.

Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y

proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados. Los datos también pueden ser utilizados para correlacionar el esponjamiento y el embalaje.

**NTP 400.017:2011 (revisada el 2016) – AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.**

Esta Norma Técnica Peruana establece la determinación de la densidad de masa (“Peso unitario”) del agregado en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación. Aplicable a los agregados que no excedan los 125 mm TNM.

**NTP 400.019:2014 - AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles.**

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaños menores que 37,5 mm (1 1/2 pulg) para determinar la resistencia a la degradación utilizando la máquina de Los Ángeles.

**NTP 400.021:2013 (revisada el 2018) - AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (espeso específico) y absorción del agregado grueso.**

Establece un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado grueso (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso.

**NTP 400.022:2013 (revisada el 2018) - AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (espeso específico) y absorción del agregado fino.**

Establece un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

### **Diseño de mezcla**

Para el diseño de Mezcla de Concreto, se tomará los siguientes pasos para determinar los resultados:

### **Materiales para la Dosificación del concreto**

Para las cantidades requeridas para el diseño de Mezcla de Concreto, se tomará los resultados obtenidos en laboratorio de los Ensayos de los Agregados, en el cual las normas han sido definidas.

### **Cenizas volantes de Carbón**

Las cenizas volantes de carbón, serán obtenidas de la Central Termoeléctrica Ilo 21 y serán añadidas con el 60% de dosificaciones.

### **Diseño de mezcla de Concreto**

Este proceso se aplicará para determinar las cantidades de materiales por metro cubico de concreto pueden ser determinados; cuando se emplea el método del comité 211 del ACI, siguiendo la secuencia que a continuación se indica:

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión especificada y la desviación estándar de la compañía constructora.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado.
- Selección del asentamiento.
- Selección del volumen unitario de agua de diseño.
- Selección del contenido de aire.
- Selección de la relación agua cemento por resistencia y durabilidad.
- Determinación de la relación agua y cemento.

- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos.
- Determinación del volumen absoluto de agregado fino.
- Determinación del peso seco del agregado fino.
- Determinación de los valores de diseño del cemento.
- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.
- Determinación de la proporción en peso.

### **Elaboración de Probetas**

Para el proceso de elaboración de las muestras es necesario:

- Ensayo de agregados: Se necesita en primera instancia conocer las características del agregado a emplear, para poder elaborar el diseño de mezcla.
- Diseño de mezcla y prueba: inicialmente, se generará el cálculo estimado para el diseño de mezcla con el Método de ACI 211. Con estos datos se ensayaran probetas cilíndricas estándar para determinar la resistencia a la compresión y el nivel de permeabilidad.

### **Ensayo de Resistencia a la Compresión**

Para determinar la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas reforzadas con Cenizas Volantes de Carbón, se realizarán los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.034:2015 – CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Este método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. Posteriormente la resistencia a la compresión de las probetas reforzadas con CV será calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.

Se registrará así la curva del  $f'c$  (carga máxima) soportada por las probetas reforzadas con cenizas volantes de carbón obtenidas del ensayo.

### **Ensayo Profundidad de penetración de agua bajo presión**

Esta norma específica bajo presión a la superficie del hormigón endurecido. A continuación se divide la probeta por rotura en dos mitades y se mide la profundidad de penetración del frente de agua.

Las probetas serán cúbicas, cilíndricas o prismáticas de longitud del lado o del diámetro de la superficie de la cara de la probeta según lo estipulado UNE-EN 12390-8.

### **Ensayo de permeabilidad mediante el permeámetro de carga variable**

El ensayo para determinar la permeabilidad del concreto patrón y con la adición de aditivos protectores, se realizó mediante un permeámetro de carga variable, el cual fue elaborado siguiendo los parámetros estipulados en el ACI 522 R.

Este permeámetro está diseñado para contener una altura de 30cm de agua, en un cilindro graduado de 10 cm. de diámetro, por donde va bajando el agua, mientras ésta penetra la probeta de concreto, además cabe recalcar que se establece dicha altura de agua y diámetro del cilindro, ya que el agua debe tener el peso suficiente para que tenga una presión adecuada y de esta manera el agua fluya a través del concreto, esta altura de agua puede variar siempre y cuando sea mayor a los 30cm ya establecidos.

### **Profundidad de carbonatación**

Para determinar la Profundidad de carbonatación en las probetas cilíndricas reforzadas con aditivos protectores, se realizarán los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en la NORMA UNE-EN 13295.

El método se basa en la medida de la profundidad de carbonatación producida cuando se someten las probetas a una atmósfera con el 1% de CO<sub>2</sub>, 21°C de temperatura y 60 % de humedad relativa durante 56 días. Se preparan probetas prismáticas por duplicado del material a ensayar que se compara con el de dos probetas testigo de hormigón convencional tipo C (0,45) definido en la norma EN 1766.

Se acondicionan para que antes de introducirlas en el recinto de carbonatación tengan una humedad uniforme. Se introducen en una cámara de carbonatación con el 1% de concentración de CO<sub>2</sub> gas durante 56 días.

A Continuación se debe medir la profundidad de carbonatación, que es (dk) es la profundidad media en las cuatro caras laterales de la probeta.

## **CAPÍTULO IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1. Selección de la cantera**

La cantera donde se obtuvo las muestras de los agregados para sus respectivos ensayos y para la elaboración de las probetas (cilíndricas), tiene como razón social Unión Concreteras S.A.

De todas las canteras de la zona, se eligió la cantera Jicamarca por contar con la disposición de transporte y extracción, producción de agregado solicitado, contaba con el personal calificado para que nos diera los datos requeridos, y además de contar con una razón social establecida. Esta concretera se encuentra ubicada Av. Cajamarquilla KM 6.5 –



Lurigancho (Chosica). La cantera tiene como productos a: Hormigón TMN 1”, Piedra  $\frac{3}{4}$ , Piedra  $\frac{1}{2}$ , Arena Gruesa, Arena Fina, Gravilla y Confitillo, con una producción 300 Ton/hora y anual de 350000 toneladas.

De acuerdo a la Norma NTP 400.010, se extrajeron muestras para realizar los Ensayos de Laboratorio, 2 m<sup>3</sup> de arena gruesa y 2 m<sup>3</sup> de agregado grueso de  $\frac{3}{4}$ ”.



*Figura 6.* Ubicación de la cantera

## 4.2. Ensayo de Agregados

### 4.2.1. Extracción y preparación de las muestras - NTP 400.010:2011 (revisada el 2016)

Para la realización de los ensayos de los agregados gruesos y finos se extrajeron muestras de la cantera Jicamarca KM 6.5 (Lurigancho – Chosica), el muestreo y el ensayo son importantes, por lo tanto se tuvo la precaución de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representan.

### 4.2.2. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado - NTP 339.185.2013 (revisada el 2018)

Se siguió el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado.

Para el agregado Grueso, se tomó de la muestra 6 kg para determinar su contenido de humedad, el cual fue de 0.50%. Este valor más adelante se ajustó para el diseño de mezcla de concreto. En la **Tabla 15**, se observan el procesamiento de datos.

**Tabla 15.**  
*Contenido de Humedad del Agregado Grueso*

DESCRIPCION	UND.	1
Peso de tara	gr.	260
Peso de tara + Peso de Muestra Húmeda	gr.	6260
Peso de tara + Peso de Muestra Seca	gr.	6230
Peso de Muestra Seca	gr.	5970
Peso del Agua	gr.	30
<b>%w</b>	<b>%</b>	<b>0.50</b>

Fuente: Elaboración propia

Para el agregado Fino, se tomó de la muestra 1 kg para determinar su contenido de humedad el cual fue de 5.3%. Este valor más adelante se ajustó para el diseño de mezcla de concreto. En la **Tabla 16**, se observan el procesamiento de datos.

**Tabla 16.**  
*Contenido de Humedad del Agregado Fino*

DESCRIPCION	UND.	1
Peso de tara	gr.	200
Peso de tara + Peso de Muestra Húmeda	gr.	1000
Peso de tara + Peso de Muestra Seca	gr.	800
Peso de Muestra Seca	gr.	960
Peso del Agua	gr.	760
<b>%w</b>	<b>%</b>	<b>5.3</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto - NTP 400.037.2018

Para el agregado grueso, se utilizó los tamices del HUSO 6 establecido en la Norma NTP 400.037.2018, nuestro agregado tiene un TMN 3/4", por eso se optó por la utilización de este Huso.

**Tabla 17.**

*Huso Granulométrico del Agregado Grueso*

<b>HUSO 6</b>			
<b>TAMIZ</b>	<b>DIÁMETRO(mm)</b>	<b>LÍMITE INFERIOR</b>	<b>LÍMITE SUPERIOR</b>
1"	25.4	100	100
3/4"	19	90	100
1/2"	12.5	20	55
3/8"	9.5	0	15
No. 4	4.75	0	5

**Fuente: Elaboración Propia**

Nuestra Granulometría obtuvo un  $M_f=6.96$  que es óptimo, el cual cumple con la tabla de Huso 6 ya que el módulo de finura ( $M_f$ ) del agregado grueso está dentro de los límites.

Para el agregado fino, se utilizó los tamices establecidos en la Norma NTP 400.037.2002.

**Tabla 18.**

*Huso Granulométrico del Agregado Fino*

<b>TAMIZ</b>	<b>DIÁMETRO(mm)</b>	<b>LÍMITE INFERIOR</b>	<b>LÍMITE SUPERIOR</b>
3/8 "	9.5	100	100
N° 4	4.75	95	100
N° 8	2.36	80	100
N° 16	1.18	50	85
N° 30	0.6	25	60
N° 50	0.3	5	30
N° 100	0.15	0	10
N° 200	0.075	0	0
<b>Mf=</b>		<b>2.3</b>	<b>3.1</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

Nuestra Granulometría se obtuvo un  $M_f=2.87$  que es óptimo, el cual cumple con la tabla según lo especificado en la norma ya que el módulo de finura ( $M_f$ ) del agregado fino debe estar dentro de los límites de 2.3 a 3.1.

#### **4.2.4. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global NTP 400.012.2013**

Los ensayos de granulometría se realizaron de acuerdo a la Norma NTP 400.012.2013.

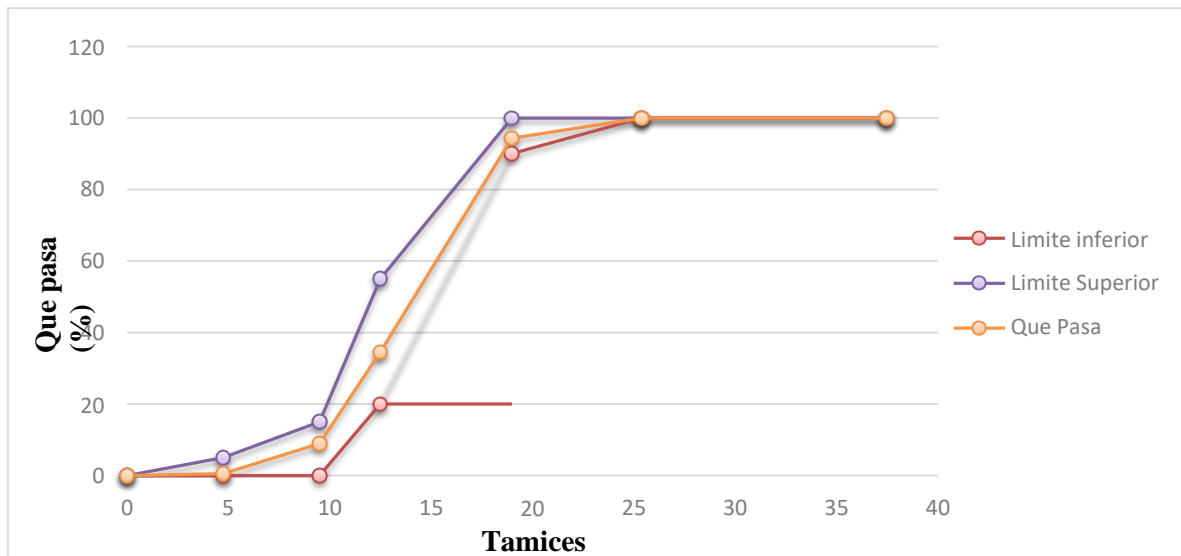
#### 4.2.4.1. Granulometría agregado grueso

Del ensayo realizado a la muestra de agregado grueso proveniente de la cantera Jicamarca, se obtiene un material con la siguiente granulometría:

**Tabla 19.**  
*Granulometría Agregado Grueso*

TAMIZ (ASTM)	ABERTURA (mm)	Peso Retenido	Porcentaje Parcial Retenido	Porcentaje Acumulado	
				Retenido	Que Pasa
1 1/2 "	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.000	340.00	5.70	5.70	94.30
1/2 "	12.500	3570.00	59.80	65.49	34.51
3/8 "	9.500	1530.00	25.63	91.12	8.88
N° 4	4.750	500.00	8.38	99.50	0.50
FONDO		30.00	0.50	100.00	0.00
<b>Σ</b>		<b>5970.00</b>	<b>M.F</b>	<b>6.96</b>	

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 7.** Curva Granulométrica del Agregado Grueso.

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura 7**, se observa que el agregado fino la mayor proporción de la curva se encuentra dentro los límites máximo y mínimo de la NTP 400.037.2002, se obtuvo un  $M_f = 6.96$ , que está dentro de los límites, por lo tanto es óptimo para la elaboración de probetas cilíndricas estándar.

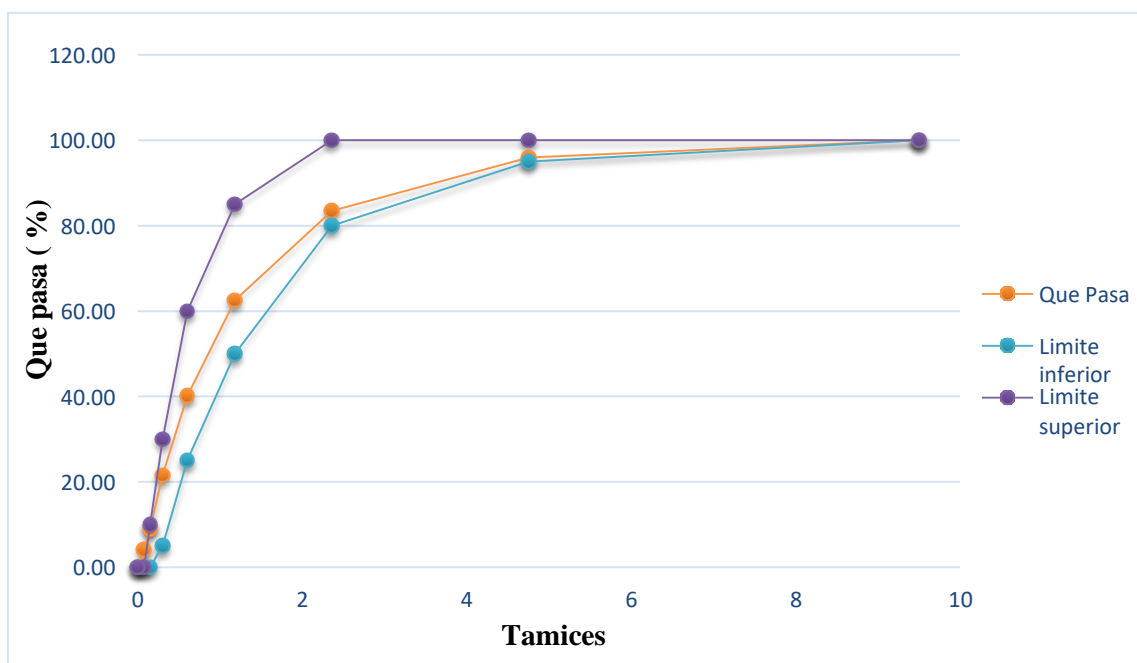
#### 4.2.4.2. Granulometría agregado fino

Del ensayo realizado a la muestra de agregado fino proveniente de la cantera Jicamarca, se obtiene un material con la siguiente granulometría:

**Tabla 20.**  
*Granulometría del Agregado Fino*

TAMIZ (ASTM)	ABERTURA (mm)	Peso Retenido	Porcentaje Parcial Retenido	Porcentaje Acumulado	
				Retenido	Que Pasa
3/8 "	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	30.50	4.01	4.01	95.99
N° 8	2.360	95.50	12.57	16.58	83.42
N° 16	1.180	159.00	20.92	37.50	62.50
N° 30	0.600	170.10	22.38	59.88	40.12
N° 50	0.300	140.80	18.53	78.41	21.59
N° 100	0.150	95.00	12.50	90.91	9.09
N° 200	0.075	38.50	5.07	95.97	4.03
FONDO		30.60	4.03	100.00	0.00
$\Sigma$		<b>760.00</b>	<b>M.F</b>	<b>2.87</b>	

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 8.** Curva Granulométrica del Agregado Fino.

Fuente: Elaboración Propia.

De la **Figura 8.** se observa que el agregado fino la mayor proporción de la curva se encuentra dentro los límites máximo y mínimo de la NTP 400.037.2002, se obtuvo un  $M_f =$

2.87, que está dentro de los límites, por lo tanto es óptimo para la elaboración de probetas cilíndricas estándar.

**4.2.5. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados – NTP 400.017.2011 (revisada el 2016)**

**4.2.5.1. Peso unitario del agregado grueso**

Del ensayo realizado a la muestra de agregado grueso proveniente de la cantera Jicamarca, se obtiene el siguiente peso unitario.

**Tabla 21.**

*Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso*

DESCRIPCION	UND.	1
Peso del Molde	kg	4.84
Volumen del Molde	m <sup>3</sup>	0.009358
	kg	18.89
Peso de Molde + Muestra seca	kg	19.02
	kg	19.04
Promedio del Molde + Muestra Seca	kg	18.98
Promedio de Muestra Seca	kg	14.14
<b>P.U.S.A.G</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1510</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 22.**

*Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso*

DESCRIPCION	UND.	1
Peso del Molde	kg	4.84
Volumen del Molde	m <sup>3</sup>	0.009358
	kg	19.91
Peso de Molde + Muestra seca	kg	19.92
	kg	19.93
Promedio del Molde + Muestra Seca	kg	19.92
Promedio de Muestra Seca	kg	15.08
<b>P.U.C.A.G</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1610</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.5.2. Peso unitario del agregado fino

**Tabla 23.**

*Peso Unitario Suelto del Agregado Fino*

DESCRIPCION	UND.	1
Peso del Molde	kg.	1.64
Volumen del Molde	m <sup>3</sup>	0.002776
	kg.	5.89
	kg.	5.90
Peso de Molde + Muestra seca	kg.	5.91
Promedio del Molde + Muestra Seca	kg.	5.90
Promedio de Muestra Seca	kg.	4.26
<b>P.U.S.A.F</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1530</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 24.**

*Peso Unitario Compactado del Agregado Fino*

DESCRIPCION	UND.	1
Peso del Molde	kg	1.64
Volumen del Molde	m <sup>3</sup>	0.002776
	kg	6.34
	kg	6.35
Peso de Molde + Muestra seca	kg	6.36
Promedio del Molde + Muestra Seca	kg	6.35
Promedio de Muestra Seca	kg	4.71
<b>P.U.C.A.F</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1700.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.6. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso - NTP 400.021.2013

**Tabla 25.**

*Peso Específico del Agregado Grueso*

DESCRIPCION	UND.	1
A= Peso de la muestra SSS	gr.	3000.0
B= Peso de la muestra saturada dentro del agua	gr.	1891.2
C= Peso de tara	gr.	140.0
D= Peso de la tara + Peso de la muestra seca	gr.	3108.3
E= Peso de la muestra seca N (D-C)	gr.	2968.3
<b>Peso Específico</b>	<b>(E/(A-B))*1000</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
		<b>2677.1</b>

**Porcentaje de Absorción**  $((A-E)/E)*100$  % **1.1**

Fuente: Elaboración Propia

**4.2.7. AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino - NTP 400.022.2013**

**Tabla 26.**

*Peso Específico del Agregado Grueso*

DESCRIPCION	UND.	1
A= Peso de la Fiola	gr.	163.8
B= Peso de la muestra SSS	gr.	500.0
C= Peso (Fiola + Arena SSS + Agua)	gr.	973.8
D= Peso del Agua (C-(B+A))	gr.	310.0
E= Peso de tara	gr.	150.7
F= Peso de la tara + Peso de la muestra seca	gr.	643.5
G= Peso de la muestra seca (F-E)	gr.	492.8
H= Volumen de la fiola	cm3	500.0
<b>Peso Específico</b> $(G/(H-D))*1000$	<b>kg/cm3</b>	<b>2593.7</b>
<b>Porcentaje de Absorción</b> $((B-G)/G)*100$	<b>%</b>	<b>1.5</b>

Fuente: Elaboración Propia

**4.2.8. AGREGADOS: Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 – NTP 400.018. 2002**

**Tabla 27.**

*Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 (Agregado Fino)*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	PROMEDIO
A	Peso de la muestra	g	76	-	-	
B	Peso de la muestra lavada y seca	g	729.4	-	-	
C	Material que pasa el tamiz N°200 C = A - B	g	30.6	-	-	
D	% que pasa el tamiz N°200 D = (C / A) * 100	%	4	-	-	4

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 28.**

*Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 (Agregado Grueso)*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	PROMEDIO
A	Peso de la muestra	g	5970	-	-	
B	Peso de la muestra lavada y seca	g	5940	-	-	
C	Material que pasa el tamiz N° 200	g	30	-	-	



C= A - B

---

D	% que pasa el tamiz N° 200 $D = (C/A) * 100$	%	0.5	-	-	0.5
---	---	---	-----	---	---	-----

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3. Diseño de Mezcla de Concreto

#### 4.3.1. Materiales para la Dosificación del Concreto

Para la elaboración de las probetas cilíndricas de 15 cm x 30 cm, las cuales serán sometidas a los ensayos de resistencia a la compresión y de profundidad de penetración de agua bajo presión, es necesario que los materiales cumplan con las condiciones y exigencias de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas.

##### 4.3.1.1. Cemento

Para la elección del cemento, se tuvo en cuenta que a la mezcla se incorporará cenizas volantes de carbón (CV) en 4 distintas dosificaciones. El cemento es el componente más activo del concreto, es por ello que el comportamiento del concreto se verá influenciado por la calidad y propiedades del cemento a elegir.

Para el diseño de mezcla se optó por usar el Cemento Portland Tipo I, debido a que nuestra resistencia de diseño es de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Las probetas cilíndricas deberán alcanzar un curado mínimo de 28 días para realizar los ensayos de resistencia a la compresión y de profundidad de penetración de agua bajo presión, Penetración de cloruros y Carbonatación. A continuación, se presenta las propiedades físicas del cemento a utilizar:

Parámetro	Unidad	Cemento Sol Tipo I	Requisitos 334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	cm <sup>2</sup> /g	3361	Máximo 2600
Densidad	g/ml	3.12	No Especifica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	427	No específica
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.08	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.25	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.68	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	13.15	No específica
C <sub>3</sub> S	%	53.60	No específica
C <sub>3</sub> A	%	9.66	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	9.34	No específica

**Figura 9.** Propiedades Físicas del Cemento Portland Tipo 1.

**Fuente: Unacem**

#### 4.3.1.2. Agregados

Para el diseño de mezcla de concreto se utilizará los valores obtenidos, después de haber realizado todos los ensayos acordes con las Normas Técnicas Peruanas (NTP).

Es recomendable, para la elaboración de las probetas cilíndricas, que todas las mezclas empleen los mismos agregados. El contenido del agregado grueso y agregado fino, serán los mismos a ser empleados en el diseño de mezcla patrón así con el diseño de concreto más cenizas volantes de carbón.

##### 4.3.1.2.1. Agregado Grueso

El agregado extraído de la Cantera Jicamarca tiene un TMN de 3/4", de acuerdo a su granulometría su Módulo de Finura (Mf) es de 6.96 encontrándose entre los límites del Huso 6.

Su contenido de humedad es de 0.50%.

Su Peso unitario suelto seco es de 1511 kg/cm<sup>3</sup> y su Peso unitario compactado seco es de 1611 kg/cm<sup>3</sup>.

El agregado grueso proveniente de la cantera Jicamarca tiene una gravedad específica de 2.68 g/cm<sup>3</sup>, densidad relativa de 2.71, densidad relativa aparente de 2.76 y absorción de 1.1%.

#### **4.3.1.2.2. Agregado Fino**

El agregado extraído de la Cantera Jicamarca de acuerdo a su granulometría su Módulo de finura (Mf) es de 2.99 encontrándose entre los límites de acuerdo a tabla 02 de la Norma NTP 400.037.2002.

Su contenido de humedad es de 5.3%.

Su peso unitario suelto seco es de 1530 kg/cm<sup>3</sup> y su Peso unitario compactado seco es de 1700 kg/cm<sup>3</sup>.

El agregado fino proveniente de la Cantera Jicamarca tiene una gravedad específica de 2.59 g/cm<sup>3</sup>, densidad relativa de 2.74 g/cm<sup>3</sup>, densidad relativa aparente de 2.70 g/cm<sup>3</sup> y absorción de 1.5%.

#### **4.3.1.3. Agua**

El agua para la elaboración de los diseños de mezcla será potable, libre de residuos orgánicos esto no constituyo un problema debido a que la fuente de agua se encontraba cerca al lugar donde se realizaron las mezclas del concreto.

#### **4.3.2. Cenizas Volantes de Carbón**

Las cenizas volantes que se añadirán en el diseño de mezcla del concreto son partículas que están en el rango de 1 µm a más de 1 mm de tamaño. Las partículas de cenizas volantes apropiadas para ser usadas como puzolana en concreto pasan en su mayoría el tamiz N°325 con contenidos de humedad presentes menores a 1%. Su composición química es compleja, la mayoría son de naturaleza silíceo y de bajo contenido de óxido de calcio, es decir: óxido de magnesio (MgO) y trióxido férrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), óxido de calcio (CaO), sílica (SiO<sub>2</sub>), además de óxido de magnesio (MgO) y trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>).

Las cenizas volantes de carbón, obtenidas de la central termoeléctrica Ilo 21, usadas son del tipo F, producidas normalmente a partir de la combustión de antracitas y carbones bituminosos y cuya suma de óxidos ácidos es mayor al 70%.

#### 4.3.3. Diseño de Mezcla de concreto (Dosificaciones)

En primer lugar, se determinarán las propiedades físicas de los insumos. Luego se elegirá la residencia, después se obtiene la mejor proporción de agregados para obtener la menos cantidad de vacíos.

Tomando como base el concreto patrón, se realiza el diseño de mezcla del concreto con cenizas volantes de carbón. Para finalmente, adoptando como referencia diseños anteriores se realiza el diseño de mezcla con dosificación del 15% de CV.

A continuación, se presenta los datos de los agregados:

**Tabla 29.**  
*Propiedades Físicas de los Agregados*

DESCRIPCIÓN	AGREGADOS	
	FINO	GRUESO
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1534.6	1511.4
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1696.7	1611.5
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	2593.7	2677.1
Módulo de fineza	2.9	7.0
Tamaño máximo nominal (pulg)	-----	3/4
%abs	1.5	1.1
%w	5.3	0.5

Fuente: Elaboración Propia

##### 4.3.3.1. Diseño de mezcla Patrón

Se elaboró un concreto de acuerdo al método de diseño de mezclas del comité ACI 211, obteniéndose la siguiente dosificación para un Concreto Patrón, sin Ceniza volante de Carbón, Teniendo en consideración el agregado grueso de TMN de 3/4" y relación a/c de 0.46; y con la cantidad de materiales que se muestra en la **Tabla 30**.

**Tabla 30.**  
*Dosificación del Concreto Patrón*

MATERIALES	PESO (kg)	PESO ESPECÍFICO (kg/m <sup>3</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PROPORCIÓN EN PESO 3 PROBETAS (kg)
AGUA	215	1000.00	0.200	3.87
AIRE	0.00	-	0.010	0.000
CEMENTO	429	3150.00	0.136	7.72
AGREGADO GRUESO (Jicamarca)	917.19	2677.09	0.322	16.51
AGREGADO FINO (Jicamarca)	961	2593.68	0.332	17.30
<b>TOTAL</b>	<b>2522.19</b>	<b>-</b>	<b>1.000</b>	
		<b>VOLUMEN 1 PROBETA</b>	<b>0.006</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: proporción 3 probetas, debido a que se obtuvo el volumen de las probetas cilíndricas.

#### 4.3.3.2. Diseño de mezcla Patrón + Ceniza volante de Carbón (15%)

Se elaboró un concreto de acuerdo al método de diseño de mezclas del comité ACI 211, obteniéndose la siguiente dosificación para un Concreto Patrón, con un porcentaje de Ceniza volante de Carbón del 15% del peso del cemento, Teniendo en consideración el agregado grueso de TMN de 3/4" y relación a/c de 0.46; y con la cantidad de materiales que se muestra en la **Tabla 31**.

**Tabla 31.**  
*Dosificación del Concreto Patrón + Ceniza volante de Carbón (15%)*

MATERIALES	PESO (kg)	PESO ESPECÍFICO (kg/m <sup>3</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PROPORCIÓN EN PESO 3
------------	-----------	--------------------------------------	---------------------------	----------------------

				<b>PROBETAS (kg)</b>
AGUA	238.1	1000.00	0.200	4.28
AIRE	0.00	-	0.010	0.000
CEMENTO (85%)	365.40	3150.00	0.116	6.58
CENIZA VOLANTE (15% )	43.00	2150.00	0.020	0.78
AGREGADO GRUESO (Jicamarca)	917.19	2677.09	0.322	16.51
AGREGADO FINO (Jicamarca)	961.00	2593.68	0.332	17.30
<b>TOTAL</b>	<b>2524.69</b>	<b>-</b>	<b>1.000</b>	
	<b>VOLUMEN 1 PROBETA</b>		<b>0.006</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: proporción 3 probetas, debido a que se obtuvo el volumen de las probetas cilíndricas.

#### 4.4. Elaboración de Probetas: Muestras Cilíndricas

En esta parte del desarrollo de la tesis, se elaboraron un total de 42 probetas cilíndricas según la NTP 339.034, como dimensiones de 15 cm x 30 cm.

Las probetas cilíndricas fueron elaboradas de acuerdo a lo calculado según la norma ACI 211. Luego de realizadas se desencofraron en 24 horas y puestas a curar en una piscina del Laboratorio de Tecnología de Concreto de la Universidad Privada del Norte a temperatura ambiente.

El tiempo de curado al que fueron expuestas las probetas fue de 7,14 y 28 días.

El procedimiento utilizado para la elaboración de las probetas fue el siguiente: Verte los materiales necesarios al trompo para su mezcla, luego se procede al vaciado en 3 capas dentro de las probetas cilíndricas, en cada capa se dio 25 golpes con una varilla para que así el concreto fresco se acomode y no deje espacios vacíos.

Para el ensayo de resistencia a la compresión se dejó curar a diferentes edades de 7,14 y 28 días, para realizar su análisis.

Para el ensayo de permeabilidad se debe dejar curar un mínimo de 28 días antes de realizar el ensayo.

Para el ensayo de Carbonatación se debe dejar curar un mínimo de 28 días antes de realizar el ensayo.

En las tablas 31, 32, 33 se tienen las fechas de elaboración de las probetas curadas, se tienen las edades de curado de las probetas cuando se realizó los ensayos.

**Tabla 32.**  
*Elaboración, Desencofrado y Curado de Probeta Patrón*

<b>Fechas de Elaboración , Desencofrado y Ensayo de Probeta Patrón</b>									
<b>Fecha de Curado</b>	<b>7 días</b>			<b>14 días</b>			<b>28 días</b>		
<b>Denominación</b>	<b>MC1-7d</b>	<b>MC2-7d</b>	<b>MC3-7d</b>	<b>MC1-14d</b>	<b>MC2-14d</b>	<b>MC3-14d</b>	<b>MC1-28d</b>	<b>MC2-28d</b>	<b>MC3-28d</b>
Elaboración	25/10/2018	25/10/2018	25/10/2018	25/10/2018	25/10/2018	25/10/2018	25/10/2018	25/10/2018	25/10/2018
Desencofrado	26/10/2018	26/10/2018	26/10/2018	26/10/2018	26/10/2018	26/10/2018	26/10/2018	26/10/2018	26/10/2018
Ensayo a la Compresión	02/11/2018	02/11/2018	02/11/2018	09/11/2018	09/11/2018	09/11/2018	23/11/2018	23/11/2018	23/11/2018
<b>Denominación</b>	<b>MP1-7d</b>	<b>MP2-7d</b>	<b>MP3-7d</b>	<b>MP1-14d</b>	<b>MP2-14d</b>	<b>MP3-14d</b>	<b>MP1-28d</b>	<b>MP2-28d</b>	<b>MP3-28d</b>
Elaboración							01/11/2018	01/11/2018	01/11/2018
Desencofrado							02/11/2018	02/11/2018	02/11/2018
Ensayo a la Permeabilidad							30/11/2018	30/11/2018	30/11/2018
<b>Denominación</b>	<b>MCB1-7d</b>	<b>MCB2-7d</b>	<b>MCB3-7d</b>	<b>MCB1-14d</b>	<b>MCB2-14d</b>	<b>MCB3-14d</b>	<b>MCB1-28d</b>	<b>MCB2-28d</b>	<b>MCB3-28d</b>
Elaboración							13/11/2018	13/11/2018	13/11/2018
Desencofrado							14/11/2018	14/11/2018	14/11/2018
Ensayo a la Carbonatación							12/12/2018	12/12/2018	12/12/2018

**Fuente: Elaboración Propia**

**Tabla 33.**  
*Elaboración, Desencofrado y Curado de Probeta Patrón + 15% CVC*

<b>Fechas de Elaboración, Desencofrado y Ensayo de Probeta Patrón + Ceniza Volante de Carbón (15%)</b>									
<b>Fecha de Curado</b>	<b>7 días</b>			<b>14 días</b>			<b>28 días</b>		
<b>Denominación</b>	<b>MCC1-7d</b>	<b>MCC2-7d</b>	<b>MCC3-7d</b>	<b>MCC1-14d</b>	<b>MCC2-14d</b>	<b>MCC3-14d</b>	<b>MCC1-28d</b>	<b>MCC2-28d</b>	<b>MCC3-28d</b>
Elaboración	01/11/2018	01/11/2018	01/11/2018	01/11/2018	01/11/2018	01/11/2018	01/11/2018	01/11/2018	01/11/2018
Desencofrado	02/11/2018	02/11/2018	02/11/2018	02/11/2018	02/11/2018	02/11/2018	02/11/2018	02/11/2018	02/11/2018
Ensayo a la Compresión	09/11/2018	09/11/2018	09/11/2018	16/11/2018	16/11/2018	16/11/2018	30/11/2018	30/11/2018	30/11/2018
<b>Denominación</b>	<b>MCP1-7d</b>	<b>MCP2-7d</b>	<b>MCP3-7d</b>	<b>MCP1-14d</b>	<b>MCP2-14d</b>	<b>MCP3-14d</b>	<b>MCP1-28d</b>	<b>MCP2-28d</b>	<b>MCP3-28d</b>
Elaboración							01/11/2018	01/11/2018	01/11/2018
Desencofrado							02/11/2018	02/11/2018	02/11/2018
Ensayo a la Permeabilidad							30/11/2018	30/11/2018	30/11/2018
<b>Denominación</b>	<b>MCCB1-7d</b>	<b>MCCB2-7d</b>	<b>MCCB3-7d</b>	<b>MCCB1-14d</b>	<b>MCCB2-14d</b>	<b>MCCB3-14d</b>	<b>MCCB1-28d</b>	<b>MCCB2-28d</b>	<b>MCCB3-28d</b>
Elaboración							23/11/2018	23/11/2018	23/11/2018
Desencofrado							24/11/2018	24/11/2018	24/11/2018



**Fuente: Elaboración Propia**



***Figura 10.*** Cuarteo Agregado Fino



*Figura 11.* Muestra de agregado fino para contenido de humedad



*Figura 12.* Muestra de agregado grueso para contenido de humedad



*Figura 13.* Muestras de los Agregados en el horno para contenido de humedad.



*Figura 14.* Canasta de Alambre





*Figura 15.* Peso sumergido del Agregado grueso



*Figura 16.* Peso sumergido del Agregado grueso



*Figura 17.* Juego de Tamices



*Figura 18.* Granulometría del Agregado Grueso



**Figura 19.** Tamizado del Agregado Grueso



**Figura 20.** Granulometría del Agregado Fino





*Figura 21.* Peso Unitario del Agregado Grueso



*Figura 22.* Peso Unitario del Agregado Fino



**Figura 23.** Materiales para la Prueba de Cono de la superficie de humedad

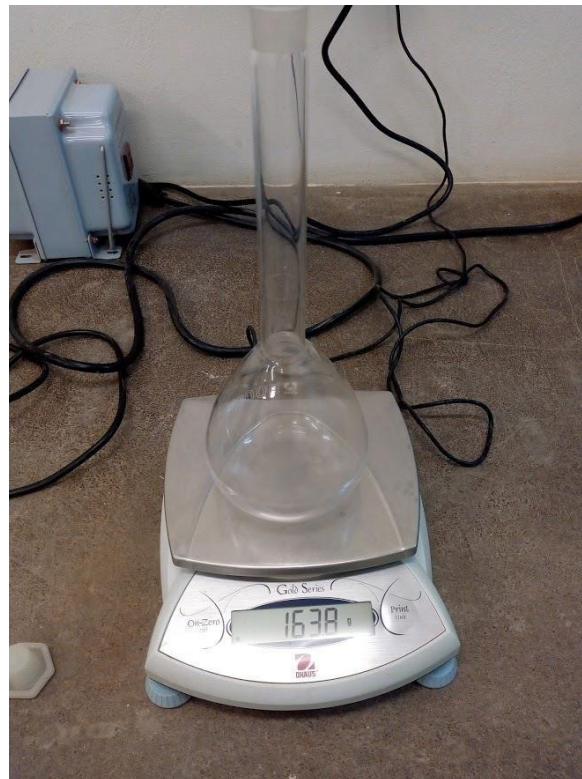


**Figura 24.** Apisonado de Arena Fina

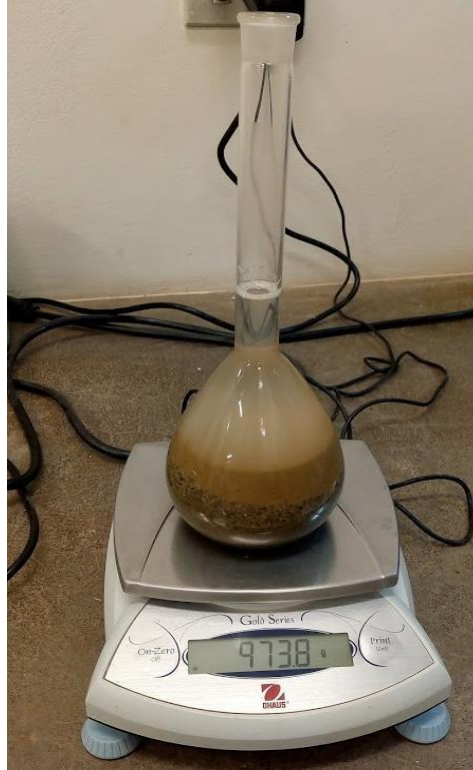




*Figura 25.* Razado después de apisonar la Arena Fina



*Figura 26.* Peso del Picnómetro



*Figura 27.* Peso del Picnómetro y Muestra



*Figura 28.* Ensayo para Peso Específico de la Ceniza Volante de Carbón



**Figura 29.** Agregados para Mezcla de Concreto



**Figura 30.** Peso de Agua para Mezcla de Concreto





*Figura 31.* Moldes de Probetas Cilíndricas (15cm x 30cm).



*Figura 32.* Trompo para mezcla de Concreto



*Figura 33.* Mezcla de Agregados



*Figura 34.* Mezcla de Concreto



*Figura 35.* Cono Slump



*Figura 36.* Medida del Slump





*Figura 37.* Slump de 3"



*Figura 38.* Temperatura del Concreto



*Figura 39.* Ensayo Contenido de Aire



*Figura 40.* Compactación del Concreto





*Figura 41.* Probetas Cilíndricas de Concreto



*Figura 42.* Desencofrado del Concreto



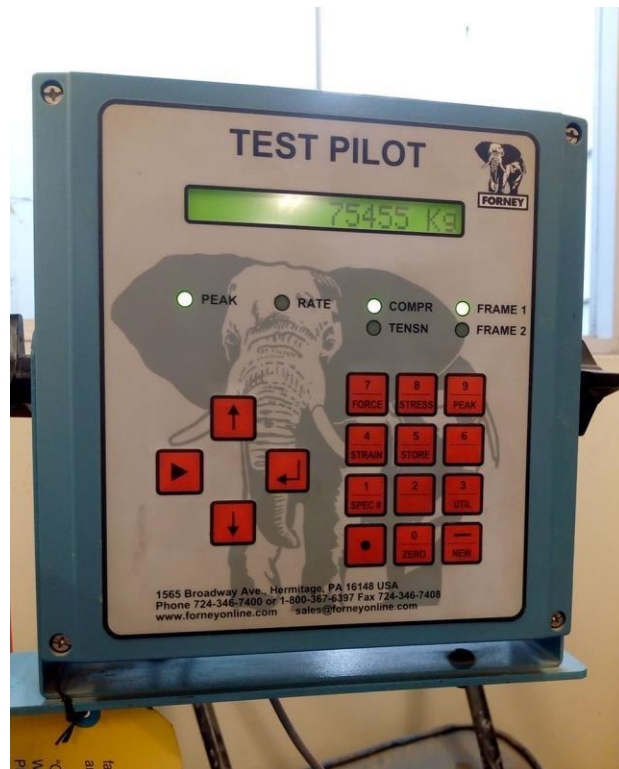
*Figura 43. Curado de Probetas Cilíndricas*



*Figura 44. Probetas con 7,14, 28 días de Curado*



*Figura 45.* Ensayo de Resistencia a la Compresión



*Figura 46.* Resultado de Carga Máxima





**Figura 47.** Falla de Ensayo de Resistencia a la Compresión



**Figura 48.** Dosificación de agregados, Cemento y Agua



***Figura 49.*** Temperatura del Concreto aditivo + C.V. 15%



***Figura 50.*** Prueba del Cono de Abrams



*Figura 51.* Medida del Slump



*Figura 52.* Probetas Cilíndricas





**Figura 53.** Probetas Cilíndricas con Mezcla de Concreto Fresco



**Figura 54.** Desencofrado de Probetas Cilíndricas.



*Figura 55.* Probetas Expuestas al contacto con el Agua del Mar – Muelle el Dorado

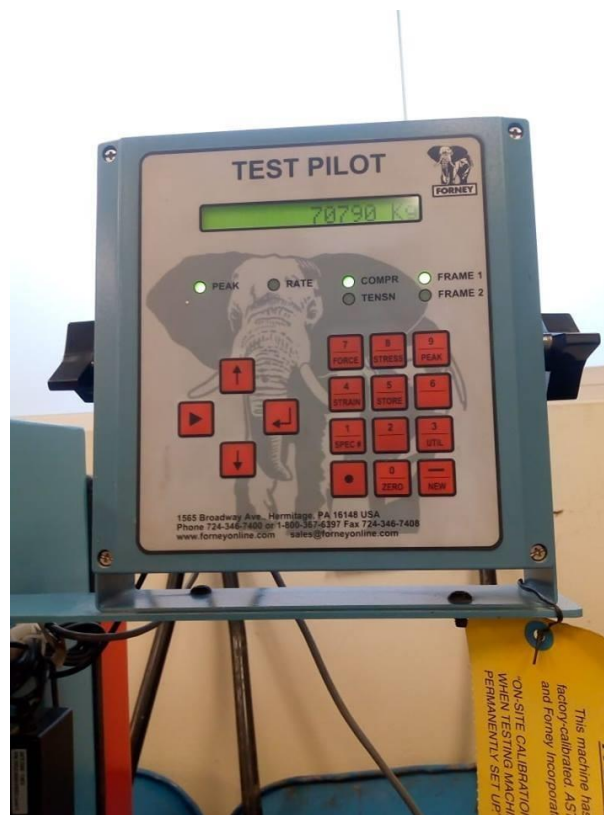


*Figura 56.* Probetas Cilíndricas Expuestas al contacto con el Agua del Mar.





**Figura 57.** Ensayo de Resistencia a la Compresión (28 días)



**Figura 58.** Ensayo de Resistencia a la Compresión (28 días) - Concreto Patrón

## CAPÍTULO V. RESULTADOS

### 5.1. PROBLEMA N° 01:

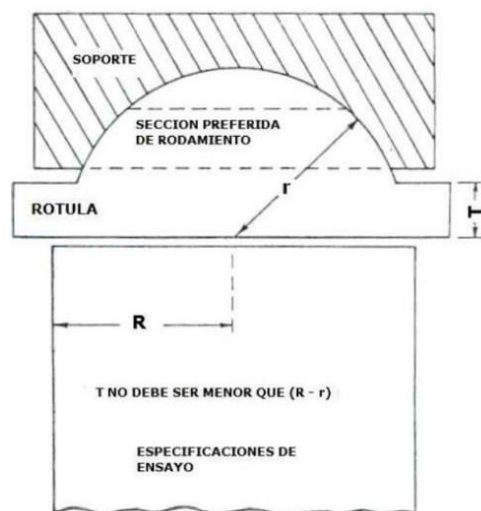
¿Qué efecto tiene la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en la resistencia a la compresión del concreto, en muros portuarios, Lima, Ancón, Sector balneario, 2018?

#### 5.1.1. Ensayo de la Resistencia a la Compresión

##### 5.1.1.1. Carga

A continuación, se explica la colocación de la carga sobre las probetas, y la dinámica del ensayo:

- La máquina de ensayo aplicó una carga a velocidad continua y sin detenimientos de  $(0.25 \pm 0.05)$  Mpa/s sobre la cara plana de la probeta.
- El ensayo acabo cuando la probeta comienza a mostrar algún tipo de fractura en ella.
- La carga máxima se registró en la pantalla de la máquina de ensayo de resistencia a la compresión y luego se anotó como dato.



**Figura 59.** Disposición de la Carga Durante el Ensayo.

Fuente: NTP 339.034.

### **5.1.2. Resistencia a la compresión del Concreto Patrón y con adición de Ceniza Volante de Carbón al 15% del volumen del cemento.**

El ensayo se llevó a cabo sobre probetas: muestras cilíndricas de 15cm x 30 cm. Se ensayaron 9 probetas elaborados de concreto normal y 9 probetas de concreto adicionada ceniza volante de carbón al 15% de reemplazo del cemento, con el fin de obtener la carga máxima al cabo de 3,7 y 28 días. La probeta cilíndrica se colocó de forma vertical en la máquina de ensayo acorde a la **Figura 60**, previamente se alineo la probeta para que reciba de forma uniforme la carga sobre su base plana. La máquina de ensayo comenzó a aplicar la carga a una velocidad constante e interrumpida. La toma de datos se dio cuando la probeta comenzó a fisuras y la carga a descender.

En la **Figura 58**, muestra la carga máxima promedio alcanzada, en un concreto patrón, para cada edad de curado, a los 3 días se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 95 kg/cm<sup>2</sup>, para los 7 días se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 147 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que a los 28 días se obtuvo una resistencia promedio de 218 kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 60.** Ensayo de Resistencia a la Compresión (28 días)

**Tabla 34.**  
*Resultados de Ensayo a la Compresión (7 días)*

Muestra N°	Denominación	Edad (días)	Diámetro	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
1	MC1	7	15.5	55455.00	188.7	293.88	252.60
2	MC2	7	15.5	36595.00	188.7	193.93	
3	MC3	7	15.5	50945.00	188.7	269.98	
Muestra N°	Denominación	Edad (días)	Diámetro	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
1	MCC1	7	15.5	48290.00	188.7	255.91	254.21
2	MCC2	7	15.5	46495.00	188.7	246.40	
3	MCC3	7	15.5	49120.00	188.7	260.31	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 35.**  
*Resultados de Ensayo a la Compresión (14 días)*

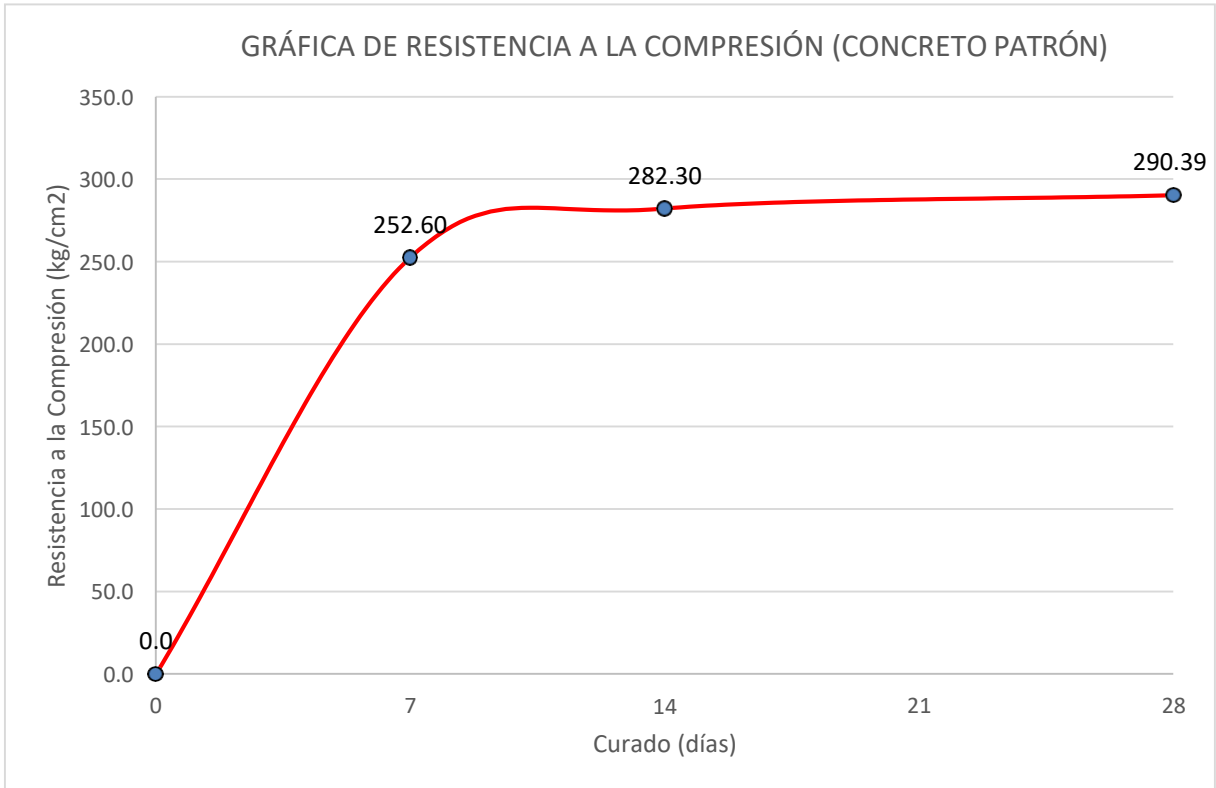
Muestra N°	Denominación	Edad (días)	Diámetro	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
1	MC1	14	15.5	55950.00	188.7	296.50	282.30
2	MC2	14	15.5	52650.00	188.7	279.01	
3	MC3	14	15.5	51210.00	188.7	271.38	
Muestra N°	Denominación	Edad (días)	Diámetro	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
1	MCC1	14	15.5	55620	188.7	294.75	287.37
2	MCC2	14	15.5	52720	188.7	279.39	
3	MCC3	14	15.5	54340	188.7	287.97	

Fuente: Elaboración Propia

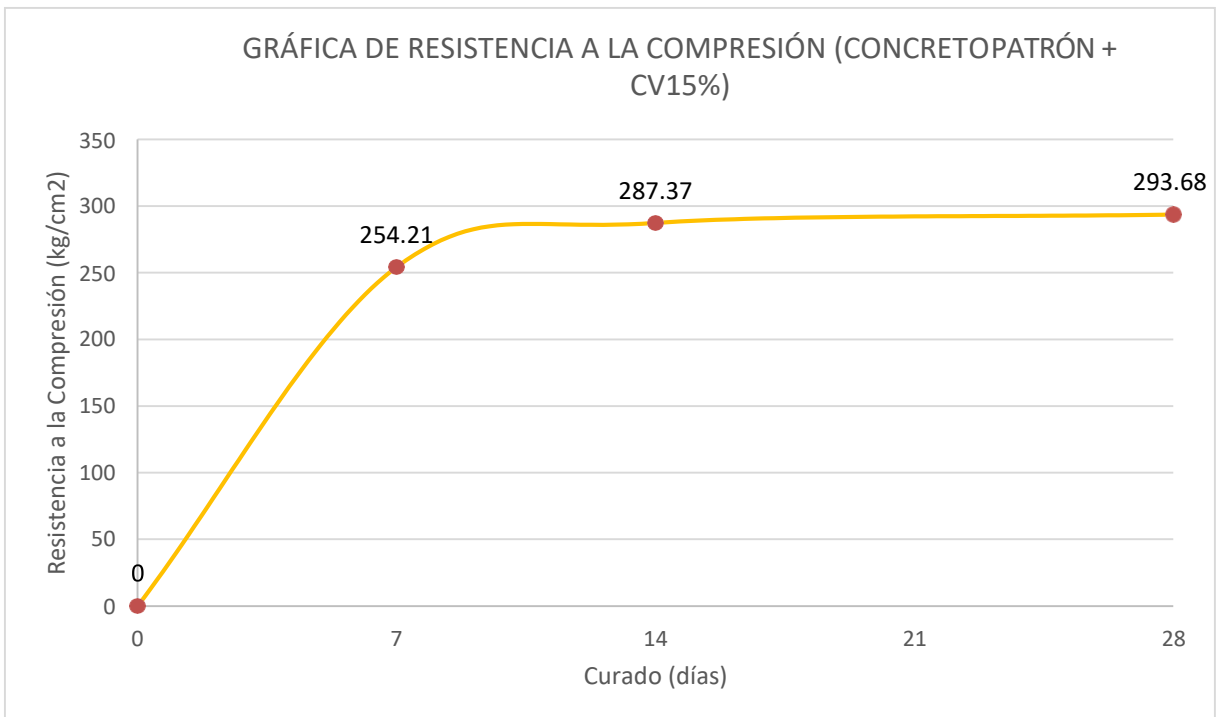
**Tabla 36.**  
*Resultados de Ensayo a la Compresión (28 días)*

Muestra N°	Denominación	Edad (días)	Diámetro	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
1	MC1	28	15.5	55986.00	188.7	296.70	290.39
2	MC2	28	15.5	58250.00	188.7	308.70	
3	MC3	28	15.5	50150.00	188.7	265.77	
Muestra N°	Denominación	Edad (días)	Diámetro	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
1	MCC1	28	15.5	53985	188.7	286.09	293.68
2	MCC2	28	15.5	56798	188.7	301.00	
3	MCC3	28	15.5	55470	188.7	293.96	

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 61.** Gráfica de Resistencias a la Compresión (Concreto Patrón)



**Figura 62.** Gráfica de Resistencias a la Compresión (Concreto Patrón + 15% CV)

El primer resultado que se obtuvo fue a la edad de 7 días, contando desde el día que se desencofro la probeta y coloco en la tina de curado, los datos que nos arrojó después del ensayo “Resistencia a la Compresión” **Tabla 34**, se pudo identificar en las edades transcurridas, que el concreto con incorporación de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento obtuvo un resultado de 254.21 kg/cm<sup>2</sup>, presentando una mejor resistencia que la del concreto convencional siendo su resultado de 252.60 kg/cm<sup>2</sup>.

El segundo resultado se obtuvo a la edad de 14 días, los datos que nos arrojó después del ensayo “Resistencia a la Compresión” **Tabla 35**, se pudo identificar en las edades transcurridas, que el concreto con incorporación de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento obtuvo un resultado de 287.37 kg/cm<sup>2</sup>, presentando una mejor resistencia que la del concreto convencional siendo su resultado de 282.30 kg/cm<sup>2</sup>.

El tercer resultado se obtuvo a la edad de 28 días, los datos que nos arrojó después del ensayo “Resistencia a la Compresión” **Tabla 36**, se pudo identificar en las edades transcurridas, que el concreto con incorporación de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento obtuvo un resultado de 293.68 kg/cm<sup>2</sup>, presentando una mejor resistencia que la del concreto convencional siendo su resultado de 290.39 kg/cm<sup>2</sup>.

Como podemos analizar en los resultados a los 7, 14 y 28 días las probetas de concreto con incorporación de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento alcanza mayor resistencia, por lo tanto, las cenizas volantes pueden contribuir a mejorar la resistencia a la compresión del concreto a edades tempranas como a los 28 días, dándole la calidad requerida.

## Resultado de la hipótesis mediante estadística inferencial

### Hipótesis Específica 1

Los muros portuarios construidos de concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presenta mejor resistencia a la compresión que los muros portuarios construidos de concreto convencional.

**H<sub>0</sub>** = El concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presenta mayor resistencia a la compresión que un concreto convencional.  
(Hipótesis Nula)

**H<sub>a</sub>** = El concreto convencional, presenta mayor resistencia a la compresión que un concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento.  
(Hipótesis Alternativa)

### **NORMALIDAD**

P-VALOR  $\geq \alpha$  Aceptar **H<sub>0</sub>** = Los datos provienen de una distribución **normal**.

P-VALOR  $< \alpha$  Aceptar **H<sub>a</sub>** = Los datos **NO** provienen de una distribución **normal**.

**Tabla 37.**

*Resultado de normalidad para la Hipótesis Específica 1*

NORMALIDAD		
P-Valor (CP) = 0.524	>	$\alpha = 0.01$
P-Valor (CVC) = 0.939	>	$\alpha = 0.01$

### **CONCLUSIÓN:**

La variable en ambos grupos se comportan normalmente

Fuente: Elaboración Propia

Pruebas de normalidad							
MUESTRA	CODIGO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	CP	,279	3	.	,939	3	,524
	CVC	,181	3	.	,999	3	,939

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Figura 63.** Prueba de Normalidad por T-Student

## IGUALDAD DE VARIANZA

### Prueba de Levene

P-VALOR  $\Rightarrow \alpha$  Aceptar **H<sub>0</sub>** = Las varianzas son **iguales**.

P-VALOR  $< \alpha$  Aceptar **H<sub>a</sub>** = Existe diferencia significativa entre las **varianzas**.

**Tabla 38.**

*Resultado de varianza para la Hipótesis Específica 1*

IGUALDAD DE VARIANZA	
P-Valor = 0.126	$>$ $\alpha = 0.01$
<b><u>CONCLUSIÓN:</u></b>	
Las varianzas de ambas muestras son iguales.	
<b>Fuente: Elaboración Propia</b>	

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	99% de intervalo de confianza de la diferencia	
MUESTRA									Inferior	Superior
	Se asumen varianzas iguales	3,727	.126	-.244	4	.819	-3,29333	13,49374	-65,41977	58,83311
	No se asumen varianzas iguales			-.244	2,448	.826	-3,29333	13,49374	-102,59523	96,00856

**Figura 64.** Prueba de Varianza por T-Student

## DECISIÓN ESTADÍSTICA

Si la probabilidad obtenida **P-valor**  $\leq \alpha$ , rechace **H<sub>0</sub>** (Se acepta **H<sub>a</sub>**)

Si la probabilidad obtenida **P-valor**  $> \alpha$ , no rechace **H<sub>0</sub>** (Se acepta **H<sub>0</sub>**)

**Tabla 39.**

*Resultado de la decisión Estadística para la Hipótesis Específica 1*

P-Valor = 0.819		$>$	$\alpha = 0.01$
<b><u>CONCLUSIÓN:</u></b>			
Se acepta la hipótesis nula (H <sub>0</sub> )			
<b>Fuente: Elaboración Propia</b>			

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	99% de intervalo de confianza de la diferencia	
MUESTRA									Inferior	Superior
	Se asumen varianzas iguales	3,727	.126	-.244	4	.819	-3,29333	13,49374	-65,41977	58,83311
	No se asumen varianzas iguales			-.244	2,448	.826	-3,29333	13,49374	-102,59523	96,00856

**Figura 65.** Prueba para la decisión estadística por T-Student



## 5.2. PROBLEMA N° 02:

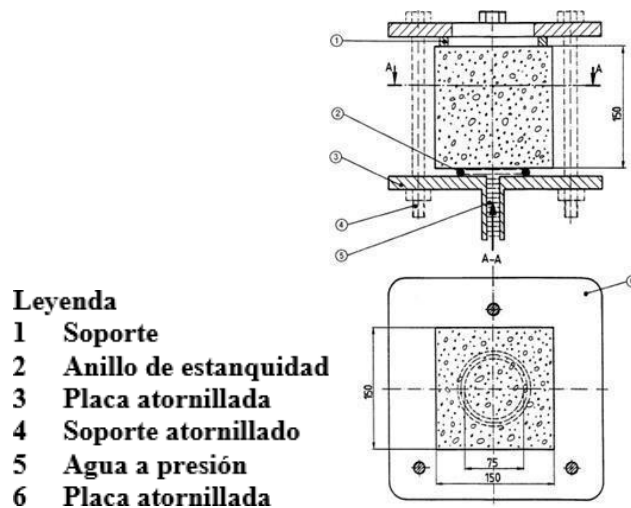
¿Qué efecto tiene la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en la permeabilidad del concreto, en muros portuarios, Lima, Ancón, Sector balneario, 2018?

### 5.2.1. Ensayo de Permeabilidad

#### 5.2.1.1. Presión

A continuación, se explica la colocación de las probetas cilíndricas para ser sometidas a presión, y la dinámica del ensayo:

- La máquina de ensayo ejerció una presión de agua de 5 bar o  $500 \pm 50$  kPa durante  $72 \pm 2$  horas, la cual estuvo controlada periódicamente para mantener la presión inicial.
- El ensayo acabo cuando la probeta cumple el tiempo indicado en la norma ( $72 \pm 2$  horas).
- La profundidad de penetración máxima se registró al momento de retirar las probetas y ensayarlas a tracción indirecta para poder visualizar claramente la medida de penetración.



**Figura 66.** Disposición de la Presión durante el Ensayo

*Fuente: UNE-EN 12390-8*

### 5.2.2. Profundidad de Penetración de Agua Bajo Presión

El ensayo se llevó a cabo sobre probetas: muestras cilíndricas de 15cm x 15cm. Se ensayaron 3 probetas elaborados de concreto normal y 3 probetas de concreto adicionada ceniza volante de carbón al 15% de reemplazo del cemento. Con el fin de obtener la profundidad de penetración de agua. La probeta cilíndrica se colocó de forma vertical en la máquina de ensayo acorde de la **Figura 66**, previamente se alinea la probeta para que reciba de forma uniforme la presión de agua sobre su base plana. La máquina de ensayo comenzó aplicar la presión de agua a una velocidad constante e ininterrumpida. La toma de datos se dio cuando la probeta cumplió su tiempo mínimo expuesto.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 40.**

*Resultado de Ensayo de permeabilidad del Concreto Patrón*

Muestra	Denominación	%CVC	Edad de Curado	Edad de Ensayo	Porcentaje de (a/c)	Tiempo de ensayo (Hr.)	Penetración máxima (mm)	Promedio de Penetración (mm)
1	CP1	-	28	31	0.46	72	118	122
2	CP2	-	28	31	0.46	72	123	
3	CP3	-	28	31	0.46	72	126	

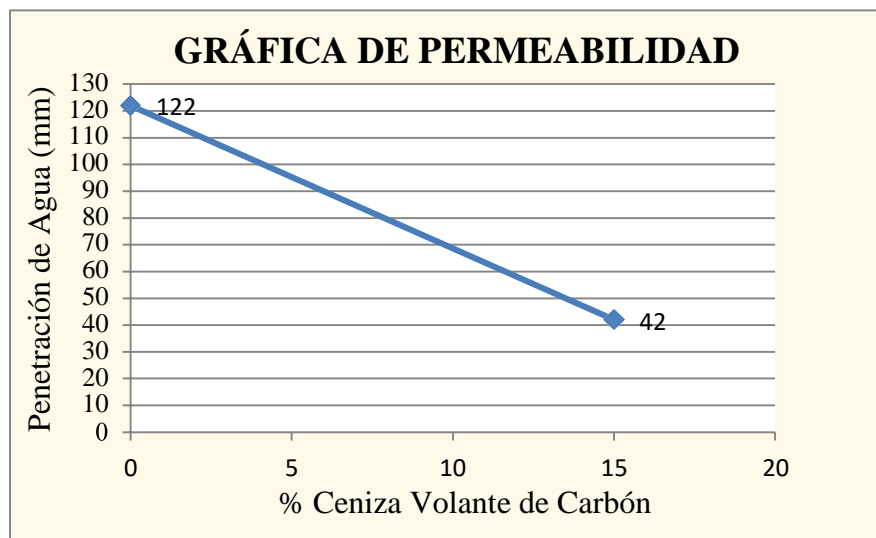
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 41.**

*Resultado de Ensayo de permeabilidad del Concreto con adición de ceniza volante de carbón*

Muestra	Denominación	%CVC	Edad de Curado	Edad de Ensayo	Porcentaje de (a/c)	Tiempo de ensayo (Hr.)	Penetración máxima (mm)	Promedio de Penetración (mm)
1	CP+CVC1	15	28	31	0.46	72	38	42
2	CP+CVC2	15	28	31	0.46	72	43	
3	CP+CVC3	15	28	31	0.46	72	45	

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 67.** Gráfica de permeabilidad (diferencia entre concreto sin ceniza con concreto adicionada ceniza volante de carbón).

En la **Figura 67**, muestra la diferencia de profundidad de penetración de agua máxima y mínima alcanzada, en un concreto convencional se obtuvo una profundidad de penetración de agua de 122 mm como se puede observar en la **Tabla 40**, mientras que para un concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento se tiene una profundidad de penetración de 42 mm como se puede observar en la **Tabla 41**.

Luego de los resultados expuestos es posible apreciar la disminución de la penetración de agua en un concreto que ha sido reforzado con la ceniza volante de carbón. Este tipo de adición en la mezcla de concreto trae como resultado el bajo nivel de permeabilidad en el concreto.

Tomando en cuenta las consecuencias que se generan en la permeabilidad del concreto, se expone que existen diferencias en los valores de las profundidades de penetración de agua en los concretos adicionados respecto a los del concreto patrón. Esta notable disminución de la permeabilidad en el concreto adicionado con cenizas volantes de carbón se aprecia comparando los resultados obtenidos. Por lo tanto, a menor penetración de agua, mayor prestación de servicio del concreto para requerimientos de baja permeabilidad.

La adición de cenizas volantes de carbón en la mezcla, en proporción del 15% del

volumen del cemento disminuyó la permeabilidad del concreto, es decir puede bloquear la penetración de agua en su interior. Desde esa perspectiva el uso de cenizas volantes de carbón aparece como una buena opción en la adición del volumen del cemento de la dosificación del concreto para la disminución de la permeabilidad.

## Resultado de la hipótesis mediante estadística inferencial

### Hipótesis Específica 2

Los muros portuarios construidos de concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presenta menor nivel de permeabilidad que los muros portuarios construido de concreto convencional.

**H<sub>0</sub>** = El concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presenta menor nivel de permeabilidad que un concreto convencional. (**Hipótesis Nula**)

**H<sub>a</sub>** = El concreto convencional, presenta menor nivel de permeabilidad que un concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento. (**Hipótesis Alternativa**)

### NORMALIDAD

P-VALOR  $\Rightarrow \alpha$  Aceptar **H<sub>0</sub>** = Los datos provienen de una distribución **normal**.

P-VALOR  $< \alpha$  Aceptar **H<sub>a</sub>** = Los datos **NO** provienen de una distribución **normal**.

#### Tabla 42.

*Resultado de Normalidad para la Hipótesis Específica 2*

NORMALIDAD		
P-Valor (CP) = 0.726	>	$\alpha = 0.01$
P-Valor (CVC) = 0.537	>	$\alpha = 0.01$

#### CONCLUSIÓN:

La variable en ambos grupos se comportan normalmente

Fuente: Elaboración Propia

Pruebas de normalidad							
MUESTRA	CODIGO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	CP	,232	3	.	,980	3	,726
	CVC	,276	3	.	,942	3	,537

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 68. Prueba de Normalidad por T-Student

## IGUALDAD DE VARIANZA

### Prueba de Levene

P-VALOR  $\Rightarrow \alpha$  Aceptar **Ho** = Las varianzas son **iguales**.

P-VALOR  $< \alpha$  Aceptar **Ha** = Existe diferencia significativa entre las **varianzas**.

Tabla 43.

Resultado de varianza para la Hipótesis Especifica 2

IGUALDAD DE VARIANZA		
<b>P-Valor</b> = 0.884	>	<b><math>\alpha</math></b> = 0.01
<b>CONCLUSIÓN:</b>		
Las varianzas de ambas muestras son iguales.		

Fuente: Elaboración Propia

Prueba de muestras independientes										
MUESTRA		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	99% de intervalo de confianza de la diferencia	
	Se asumen varianzas iguales	,024	,884	25,691	4	,000	80,33333	3,12694	65,93659	94,73008
	No se asumen varianzas iguales			25,691	3,949	,000	80,33333	3,12694	65,80885	94,85782

Figura 69. Prueba de varianza por T-Student

## DECISIÓN ESTADÍSTICA

Si la probabilidad obtenida **P-valor**  $> \alpha$ , rechace **Ho** (Se acepta **Ha**)

Si la probabilidad obtenida **P-valor**  $\leq \alpha$ , no rechace **Ho** (Se acepta **Ho**)

Tabla 44.

Resultado de la decisión estadística para la Hipótesis Especifica 2

<b>P-Valor</b> = 0	<	<b><math>\alpha</math></b> = 0.01
<b>CONCLUSIÓN:</b>		
Se acepta la hipótesis nula ( <b>Ho</b> )		

Fuente: Elaboración Propia

Prueba de muestras independientes										
	Prueba de Levene de igualdad de varianzas				prueba t para la igualdad de medias				99% de intervalo de confianza de la diferencia	
MUESTRA	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior	
Se asumen varianzas iguales	,024	,884	25,691	4	,000	80,33333	3,12694	65,93659	94,73008	
No se asumen varianzas iguales			25,691	3,949	,000	80,33333	3,12694	65,80885	94,85782	

**Figura 70.** Prueba para la decisión estadística por T-Student

### 5.3. PROBLEMA N° 03:

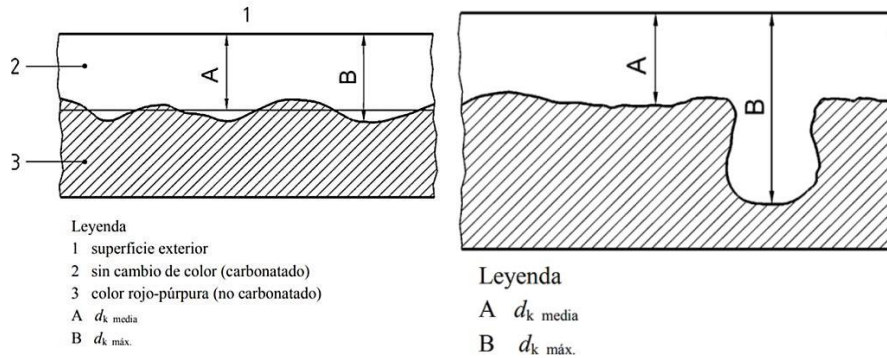
¿Qué efecto tiene la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en la carbonatación del concreto, en muros portuarios, Lima, Ancón, Sector balneario, 2018?

#### 5.3.1. Método de Ensayo: “Determinación de la profundidad de Carbonatación”

Este método consiste en medir la profundidad de la capa carbonatada situada cerca de la superficie del hormigón endurecido por medio de una disolución indicadora de fenolftaleína. A valores superiores del pH de aproximadamente 9, el indicador produce en el hormigón una coloración rojo-púrpura. Solo el hormigón que presenta esta coloración es lo suficiente alcalino para que se pueda asegurar la pasividad del acero. Se puede utilizar “in situ” o en el laboratorio, en probetas de ensayo, o en trozos o fragmentos tomados previamente de la estructura de hormigón endurecido.

##### 5.3.1.1. Medida de la Profundidad de Carbonatación:

- Para medir la profundidad de carbonatación, en cualquier punto dado, es la distancia  $d_k$  (mm) entre la superficie exterior del hormigón y el borde de la región coloreada en rojo púrpura.
- En Frente de carbonatación irregular, la profundidad media  $d_{k \text{ media}}$  y la profundidad máxima  $d_{k \text{ máx.}}$ .
- Existen bolsas aisladas, por ejemplo al nivel de las fisuras, donde la profundidad máxima  $d_{k \text{ máx}}$  es mucho más importante que la profundidad media  $d_{k \text{ media}}$ , entonces el valor  $d_{k \text{ máx.}}$  no debe incluirse en el cálculo  $d_{k \text{ media}}$ .



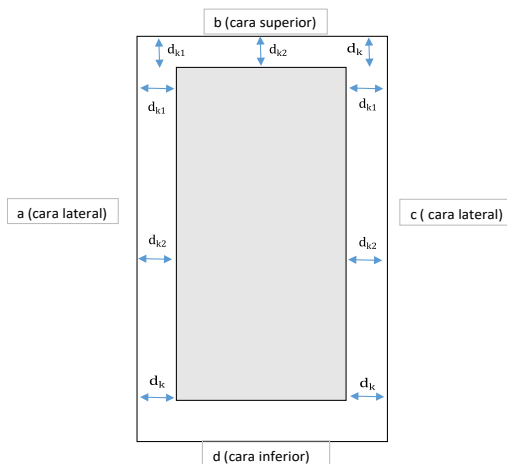
**Figura 71.** Frente de carbonatación

Fuente: UNE-EN 14630

### 5.3.2. Profundidad de Carbonatación en un hormigón endurecido por el Método de la Fenolftaleína

El ensayo se llevó a cabo sobre probetas muestras cilíndricas ( $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) de  $30 \times 15 \text{ cm}$  y  $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$  se ensayaron in situ 12 probetas tanto para concreto patrón como para concreto adicionado 15% CVC a una edad de 84 días, temperatura de  $25.8^\circ\text{C}$  y Humedad Relativa de 80% a partir del día de ensayo según información de SENAMHI para el balneario de Ancón. Con el fin de obtener la profundidad de Carbonatación.

Las probetas cilíndricas cortadas en mitades longitudinales donde se pulverizó la fenolftaleína en todas las caras. La toma de datos se dio a los 30 segundos de pulverizarse la fenolftaleína en la probeta anotando las profundidades de todas las caras **Figura 72**.



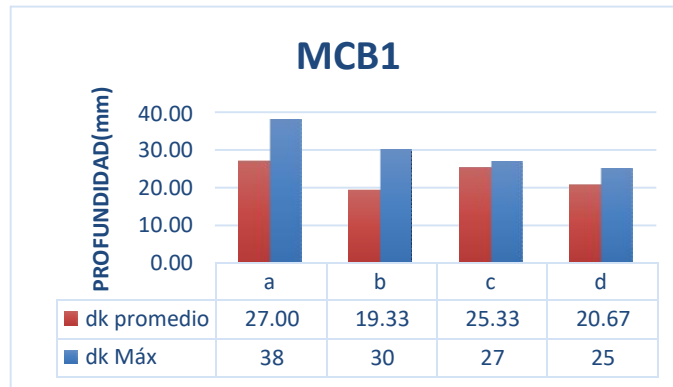
**Figura 72.** Caras de la probeta

Fuente: Elaboración Propia

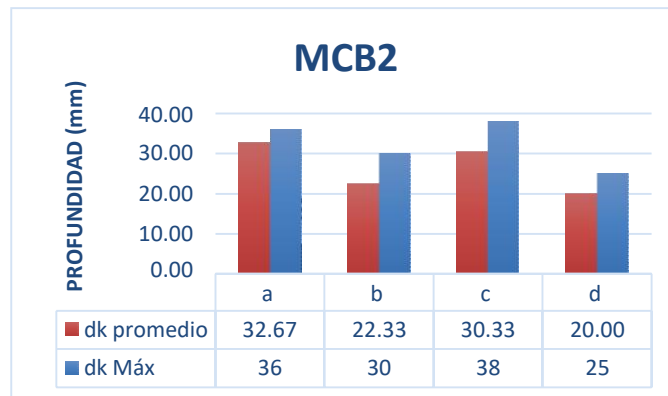


### 5.3.2.1. Para Muestras de Concreto 30 cm largo x 15cm Diámetro

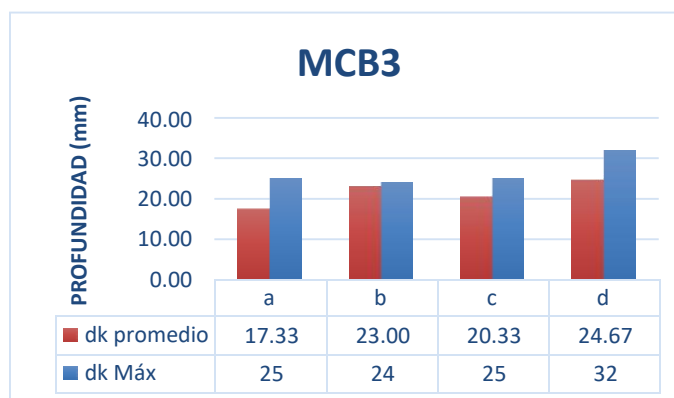
En la *Figura 74*, muestra la mayor profundidad máxima y promedio, comparando con las demás probetas de Concreto Patrón sin adición se obtuvo en su cara lateral a una profundidad promedio de 32.67 mm mientras que para la profundidad máxima de 36 mm.



*Figura 73.* Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB1  
Fuente: Propia

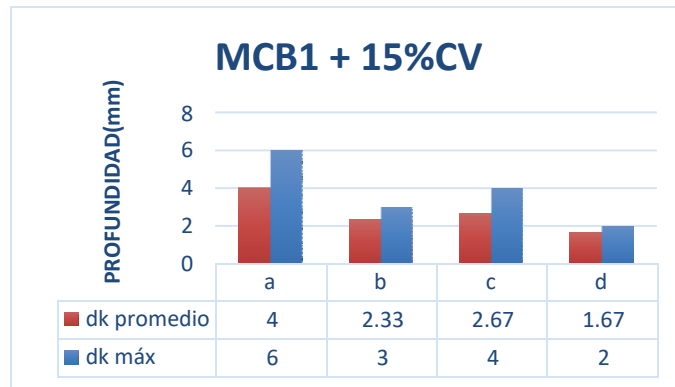


*Figura 74.* Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB2  
Fuente: Propia

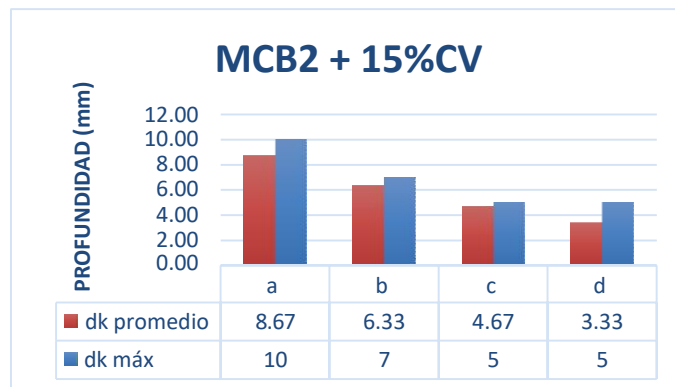


*Figura 75.* Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB3  
Fuente: Propia

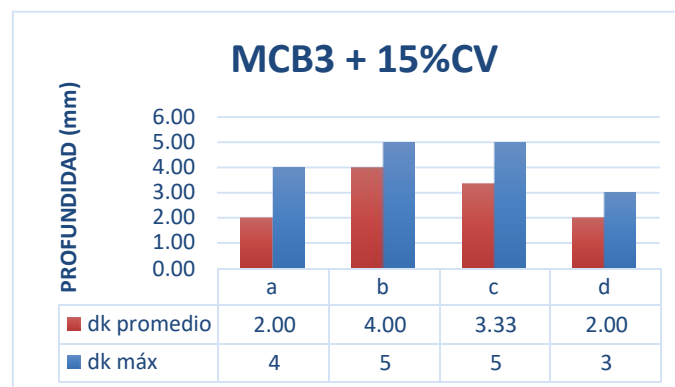
En la **Figura 77**, muestra la mayor profundidad máxima y promedio, comparando con las demás probetas de Concreto Patrón + 15% CVC se obtuvo en su cara lateral a una profundidad promedio de 8.67mm mientras que para la profundidad máxima de 10 mm.



**Figura 76.** Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB1 + 15% CVC  
Fuente: Propia

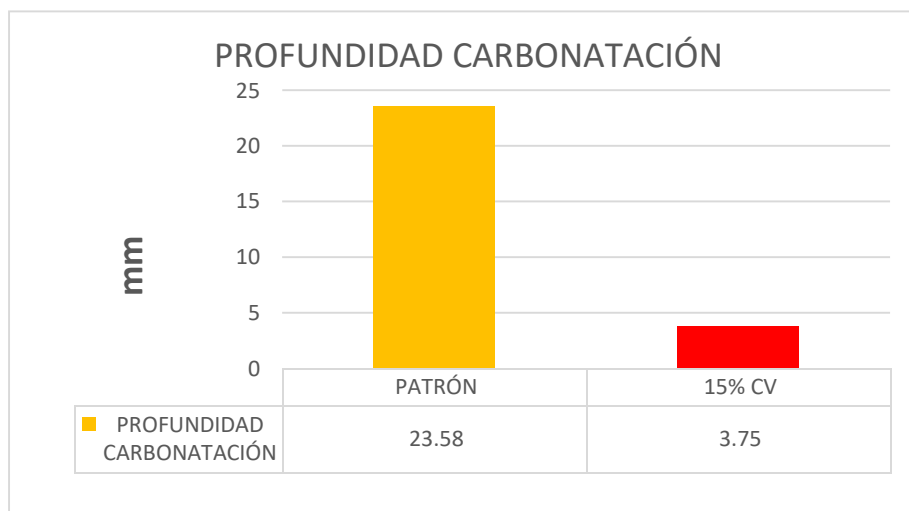


**Figura 77.** Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB2 + 15% CVC  
Fuente: Propia



**Figura 78.** Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB3 + 15% CVC  
Fuente: Propia

En la **Figura 79**, muestra la profundidad promedio total de concreto patrón y concreto con adición de 15% CVC. Obtuvo mayor profundidad promedio el Concreto Patrón con 23.58 mm.



**Figura 79.** Gráfico de diferencia de carbonatación entre concreto patrón y con adición de 15% CVC  
Fuente: Propia

## Resultado de la hipótesis mediante estadística inferencial

### Hipótesis Específica 3

Los muros portuarios construidos de concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presenta menor nivel de profundidad de carbonatación que los muros portuarios construido de concreto convencional.

**H<sub>0</sub>** = El concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presenta menor nivel de profundidad de carbonatación que un concreto convencional. **(Hipótesis Nula)**

**H<sub>a</sub>** = El concreto convencional, presenta menor nivel de profundidad de carbonatación que un concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento. **(Hipótesis Alternativa)**

## NORMALIDAD

P-VALOR  $\Rightarrow \alpha$  Aceptar **H<sub>0</sub>** = Los datos provienen de una distribución **normal**.

P-VALOR  $< \alpha$  Aceptar **H<sub>a</sub>** = Los datos **NO** provienen de una distribución **normal**.

**Tabla 45.**

*Resultado de Normalidad para la Hipótesis Especifica 3*

NORMALIDAD		
P-Valor (CP) = 0.672	>	$\alpha = 0.01$
P-Valor (CVC) = 0.088	>	$\alpha = 0.01$

### CONCLUSIÓN:

La variable en ambos grupos se comportan normalmente

Fuente: Elaboración Propia

Pruebas de normalidad							
MUESTRA	CODIGO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	CP	,245	3	.	,971	3	,672
	CVC	,369	3	.	,789	3	,088

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Figura 80. Prueba de Normalidad por T-Student*

## IGUALDAD DE VARIANZA

### Prueba de Levene

P-VALOR  $\Rightarrow \alpha$  Aceptar **H<sub>0</sub>** = Las varianzas son **iguales**.

P-VALOR  $< \alpha$  Aceptar **H<sub>a</sub>** = Existe diferencia significativa entre las **varianzas**.

**Tabla 46.**

*Resultado de varianza para la Hipótesis Especifica 3*

IGUALDAD DE VARIANZA		
P-Valor = 0.547	>	$\alpha = 0.01$

### CONCLUSIÓN:

Las varianzas de ambas muestras son iguales.

Fuente: Elaboración Propia

Prueba de muestras independientes										
MUESTRA		Prueba de Levene de igualdad de varianzas			prueba t para la igualdad de medias			99% de intervalo de confianza de la diferencia		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
	Se asumen varianzas iguales	,432	,547	11,177	4	,000	19,83000	1,77425	11,66118	27,99882
	No se asumen varianzas iguales			11,177	3,534	,001	19,83000	1,77425	10,87588	28,78412

*Figura 81. Prueba de Varianza por T-Student*

## DECISIÓN ESTADÍSTICA

Si la probabilidad obtenida **P-valor** >  $\alpha$ , rechace **Ho** (Se acepta **Ha**)

Si la probabilidad obtenida **P-valor**  $\leq \alpha$ , no rechace **Ho** (Se acepta **Ho**)

**Tabla 47.**

*Resultado de la Decisión Estadística para la Hipótesis Específica 3*

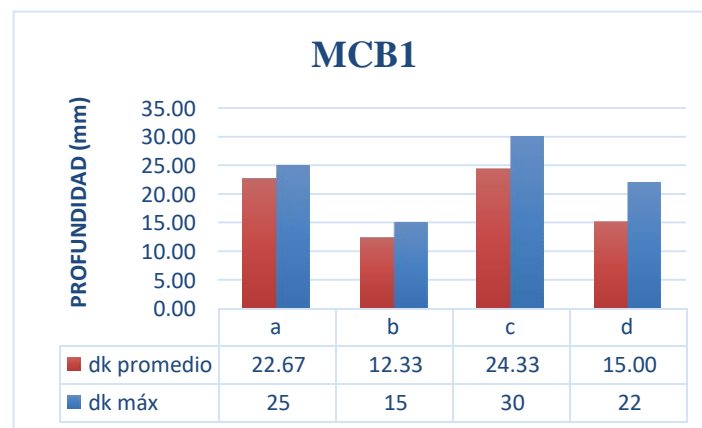
<b>P-Valor = 0</b>	<	<b><math>\alpha = 0.01</math></b>
<b><u>CONCLUSIÓN:</u></b>		
Se acepta la hipótesis nul		
<b>Fuente: Elaboración Propia</b>		

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				prueba t para la igualdad de medias			99% de intervalo de confianza de la diferencia	
MUESTRA		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
	Se asumen varianzas iguales	,432	,547	11,177	4	,000	19,83000	1,77425	11,66118	27,99882
	No se asumen varianzas iguales			11,177	3,534	,001	19,83000	1,77425	10,87588	28,78412

**Figura 82. Prueba para la Decisión Estadística por T-Student**

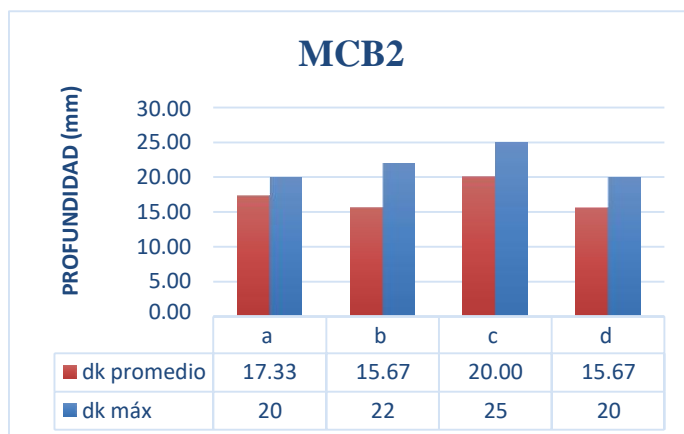
### 5.3.2.2. Para Muestras de Concreto 15 cm largo x 15 cm Diámetro

En la **Figura 84**, muestra la mayor profundidad máxima y promedio, comparando con las demás probetas de Concreto Patrón sin adición se obtuvo en su cara lateral a una profundidad promedio de 24.33 mm mientras que para la profundidad máxima de 30 mm.

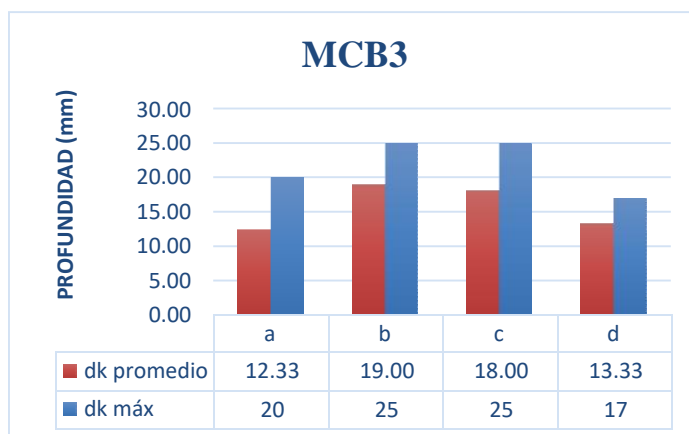


**Figura 83. Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB1**

**Fuente: Propia**

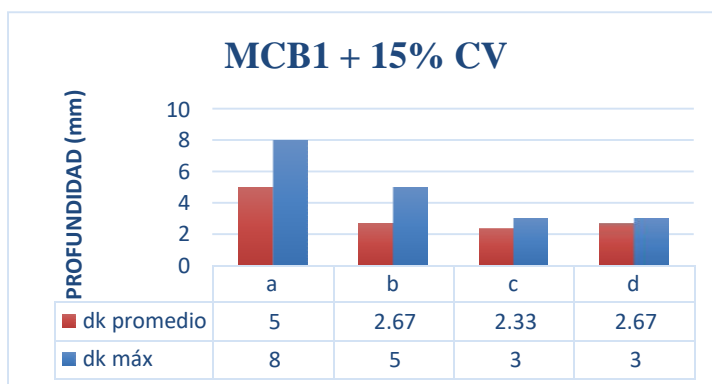


**Figura 84.** Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB2  
Fuente: Propia

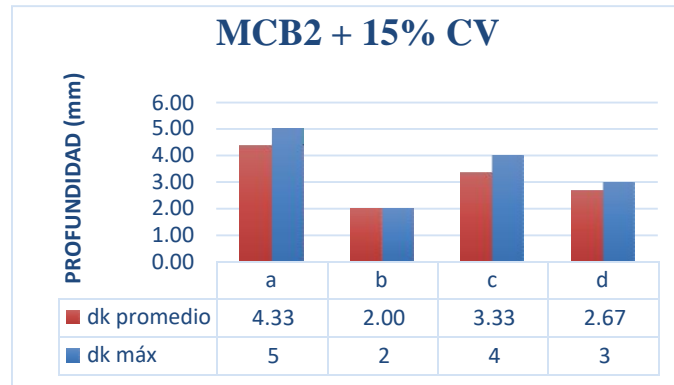


**Figura 85.** Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB3  
Fuente: Propia

En la **Figura 86**, muestra la mayor profundidad máxima y promedio, comparando con las demás probetas de Concreto Patrón + 15% CV se obtuvo en su cara lateral a una profundidad promedio de 5mm mientras que para la profundidad máxima de 8 mm.

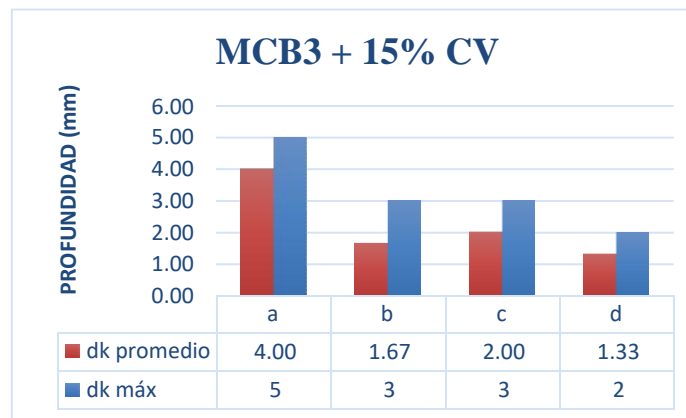


**Figura 86.** Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB1 + 15% CVC  
Fuente: Propia



**Figura 87.** Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB2 + 15% CVC

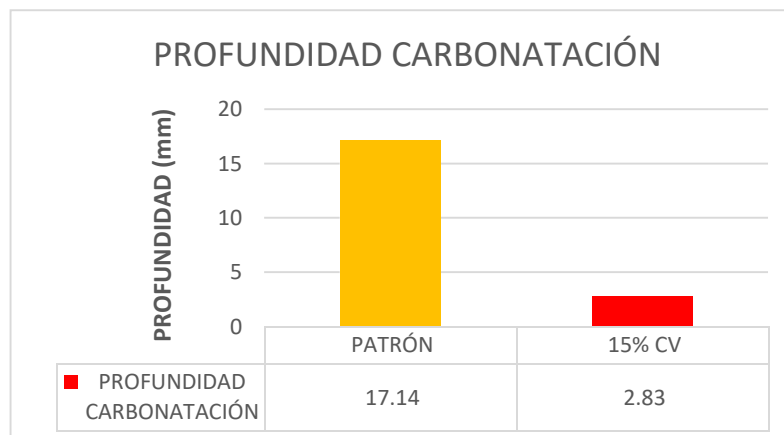
Fuente: Propia



**Figura 88.** Gráfico de muestra de concreto Patrón MCB2 + 15% CVC

Fuente: Propia

En la **Figura 89**, muestra la profundidad promedio total de concreto patrón y concreto con adición de 15%CV. Obtuvo mayor profundidad promedio el Concreto Patrón con 17.14 mm.



**Figura 89.** Gráfico de diferencia de carbonatación entre concreto patrón y con adición de 15% CVC

Fuente: Propia



## Resultado de la hipótesis mediante estadística inferencial

### Hipótesis Específica 3

Los muros portuarios contruidos de concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presenta menor nivel de profundidad de carbonatación que los muros portuarios construido de concreto convencional.

**H<sub>0</sub>** = El concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presenta menor nivel de profundidad de carbonatación que un concreto convencional. (**Hipótesis Nula**)

**H<sub>a</sub>** = El concreto convencional presenta menor nivel de profundidad de carbonatación que un concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento.

(**Hipótesis Alternativa**)

### NORMALIDAD

P-VALOR  $\Rightarrow \alpha$  Aceptar **H<sub>0</sub>** = Los datos provienen de una distribución **normal**.

P-VALOR  $< \alpha$  Aceptar **H<sub>a</sub>** = Los datos **NO** provienen de una distribución **normal**.

**Tabla 48.**

*Resultado de Normalidad para la Hipótesis Específica 3*

NORMALIDAD		
P-Valor (CP) = 0.966	>	$\alpha = 0.01$
P-Valor (CVC) = 0.170	>	$\alpha = 0.01$

### CONCLUSIÓN:

La variable en ambos grupos se comportan normalmente

Fuente: Elaboración Propia

Pruebas de normalidad							
DESCRIPCIÓN	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
DATOS CP	,177	3	.	1,000	3	,966	
CVC	,353	3	.	,823	3	,170	

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Figura 90.** Prueba de Normalidad por T-Student

## IGUALDAD DE VARIANZA

### Prueba de Levene

P-VALOR  $\Rightarrow \alpha$  Aceptar **H<sub>0</sub>** = Las varianzas son **iguales**.

P-VALOR  $< \alpha$  Aceptar **H<sub>a</sub>** = Existe diferencia significativa entre las **varianzas**.

**Tabla 49.**

*Resultado de varianza para la Hipótesis Específica 3*

		IGUALDAD DE VARIANZA			
		P-Valor = 0.290	>	$\alpha = 0.01$	
		<b><u>CONCLUSIÓN:</u></b>			
		Las varianzas de ambas muestras son iguales.			
		<b>Fuente: Elaboración Propia</b>			

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
DATOS	Se asumen varianzas iguales	1,482	,290	16,080	4	,000	14,30667	,88974	11,83634	16,77699
	No se asumen varianzas iguales			16,080	2,479	,001	14,30667	,88974	11,10660	17,50673

*Figura 91. Prueba de Varianza por T-Student*

## DECISIÓN ESTADÍSTICA

Si la probabilidad obtenida **P-valor**  $> \alpha$ , rechace **H<sub>0</sub>** (Se acepta **H<sub>a</sub>**)

Si la probabilidad obtenida **P-valor**  $\leq \alpha$ , no rechace **H<sub>0</sub>** (Se acepta **H<sub>0</sub>**)

**Tabla 50.**

*Resultado de la Decisión Estadística para la Hipótesis Específica 3*

		P-Valor = 0				$<$		$\alpha = 0.01$	
		<b><u>CONCLUSIÓN:</u></b>				Se acepta la hipótesis nul			
		<b>Fuente: Elaboración Propia</b>							

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
DATOS	Se asumen varianzas iguales	1,482	,290	16,080	4	,000	14,30667	,88974	11,83634	16,77699
	No se asumen varianzas iguales			16,080	2,479	,001	14,30667	,88974	11,10660	17,50673

*Figura 92. Prueba para la Decisión Estadística por T-Student*

## CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar los diferentes comportamientos de las propiedades del concreto con una dosificación para un concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , al cual se le adiciono ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, proveniente de la central termoeléctrica Ilo21, con el objetivó de mejorar y/o mantener las propiedades del concreto respecto a un concreto convencional. Las propiedades que evaluamos para esta investigación fueron: la resistencia a la compresión, permeabilidad y carbonatación.

Las propiedades anteriormente mencionadas buscan validar el fondo de nuestra investigación que es; la elaboración de un concreto durable, de calidad y fomentando el concepto del desarrollo sostenible.

- La valoración del ensayo de resistencia a la compresión se realizó midiendo la resistencia después de 28 días de curado que se dio en las probetas ensayadas: Para el concreto convencional se obtuvo una resistencia a la compresión de  $290.39 \text{ kg/cm}^2$ , para el Concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% de volumen de cemento se obtuvo una resistencia a la compresión de  $293.68 \text{ kg/cm}^2$ .

Luego de analizar los resultados de las muestras de concreto con contenido de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, vemos que la resistencia a la compresión en el concreto aumenta, por lo tanto, las cenizas volantes de carbón pueden contribuir a mejorar la resistencia del concreto dando un buen servicio. Es por esto que es factible diseñar mezclas con adiciones de ceniza volante de carbón con la seguridad de que se obtendrán concretos de alta resistencia. Esta afirmación es corroborada por la presenta investigación, ya que, en las dosificaciones realizadas y en comparación a un concreto convencional con un concreto adicionada ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento aumenta la resistencia a la compresión.

- La valoración de la permeabilidad se realizó midiendo la profundidad de penetración de agua que se dio en las probetas ensayadas: Para el Concreto convencional se obtiene una profundidad de penetración de agua promedio de 122 mm, para el Concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento se obtiene una profundidad promedio de 42 mm.

Luego de analizar los resultados de las muestras de concreto con contenido de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento vemos que la permeabilidad en el concreto disminuye, por lo tanto, las cenizas volantes de carbón pueden contribuir a mejorar la durabilidad del concreto dando un buen servicio. Es por esto que es factible diseñar mezclas con adiciones de ceniza volante de carbón con la seguridad de que se obtendrán concretos de baja permeabilidad.

Esta afirmación es corroborada por la presente investigación, ya que, en las dosificaciones realizadas y en comparación un concreto patrón con un concreto adicionada ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento disminuye el nivel de penetración de agua.

El uso de grandes volúmenes de ceniza volante de carbón hace que los poros del concreto disminuyan, así no permitiendo la filtración en él, esto se debe a que las partículas finas de las cenizas volantes se alojan en los espacios entre las partículas de cemento lo que consecuentemente también incrementa la durabilidad en el concreto. Desde esa perspectiva el uso de cenizas volantes de carbón, muy aparte de ser un desecho industrial contaminante, aparece como una buena opción de adición en el concreto en un porcentaje del volumen del cemento para disminuir la permeabilidad y considerarlo como un producto sostenible.

- La valoración del ensayo de carbonatación se realizó midiendo la profundidad de Carbonatación en probetas expuestas al ambiente las cuales fueron ensayadas: Para el Concreto convencional con probetas de 30 x 15 cm, se obtiene una profundidad de Carbonatación promedio de 23.58 mm, para el concreto con adición de ceniza volante de

carbón al 15% del volumen del cemento se obtiene una profundidad de Carbonatación de 3.75 mm.

Para el Concreto convencional con probetas de 15 x 15 cm, se obtiene una profundidad de Carbonatación promedio de 17.14 mm, para el concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento se obtiene una profundidad de Carbonatación de 2.83mm.

Luego de analizar los resultados de las muestras de concreto con contenido de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento vemos que la profundidad de carbonatación en el concreto disminuye, por lo tanto, las cenizas volantes tienen un efecto favorable en mejorar la durabilidad del concreto expuesto ante ambientes agresivos o marinos con adiciones, su relación agua/cemento es favorable. La disminución de la zona carbonatada, justifica en estructuras como los muros portuarios, la zona de recubrimiento en armaduras en el hormigón sin carbonatar con un PH básico que impide la oxidación de la armadura. Es por eso que es factible diseñar mezclas con adiciones de ceniza volante de carbón.

Esta afirmación es corroborada por la presente investigación, ya que, en las dosificaciones realizadas y en comparación con un concreto convencional con un concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, disminuye la profundidad de Carbonatación. Desde esa perspectiva el uso de Cenizas volantes de carbón, aparte de ser un desecho industrial contaminante, aparece como una buena opción de adición en el concreto para disminuir las profundidades de Carbonatación ante estructuras expuestas en ambientes marinos o agresivos, considerándolo como un producto sostenible.

## **6.1. Discusión referida a los aportes de la investigación.**

**1. ¿Por qué se escogió la ceniza volante como reemplazo del cemento para la elaboración de concreto?**

Se escogió la ceniza volante de carbón ya que este material se convirtió en un problema de contaminación ambiental en el sur del país. Al ser depositados en rellenos sanitarios, motivando un interés especial de estudiar su aprovechamiento en la ingeniería civil y de la misma manera minimizando el impacto ambiental negativo que genera su producción. Según (Valderrama, Agredo, & Gutiérrez, 2011, pag.8), en su artículo científico “Características de desempeño de un concreto adicionado con ceniza volantes de alto nivel de inquemados”, obteniendo como resultado óptimo la adición del 10% de ceniza volante de carbón desde el punto de vista mecánico, sin embargo, incremento en los porcentajes dan lugar a efectos positivos en las propiedades de resistencia a la compresión.

## CONCLUSIONES

- Se demostró el mejoramiento de la resistencia a la compresión del concreto en muros portuarios con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento Portland

tipo I, por lo tanto, tuvo mayor capacidad de soporte de carga, por ello teniendo mayor prestación de servicio del concreto para requerimientos de resistencia a la compresión.

La adición de la ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento Portland tipo I, genera un aumento de la resistencia a la compresión para todas las edades del curado, comparado con la resistencia del concreto convencional. A los 28 días de curado el concreto convencional alcanzo una resistencia de 290.39 kg/cm<sup>2</sup>, por otro lado el concreto con ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento alcanzo una resistencia de 293.68 kg/cm<sup>2</sup>.

- Se demostró el mejoramiento ante la profundidad de penetración del concreto en muros portuarios con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento Portland tipo I, por lo tanto, genera mayor prestación de servicio del concreto para requerimientos de permeabilidad.

La adición de la ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento Portland tipo I, genero un nivel bajo de filtración comparado al del concreto convencional. A los 28 días de curado y sometido a la prueba por 72 Hr. Tuvo como resultado de 122 mm el concreto convencional como penetración, por otro lado, el concreto con ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento portland tipo I tuvo como resultado de penetración de 42 mm.

- Se demostró el mejoramiento ante la profundidad de carbonatación del concreto en muros portuarios con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento Portland tipo I, por lo tanto, genera mayor prestación de servicio del concreto para requerimientos de carbonatación.

La adición de la ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento Portland tipo I, genero un nivel bajo de carbonatación comparado al del concreto convencional.

Se realizó dos pruebas de diferentes dimensiones de probeta la primera de diámetro de 15 cm con altura de 30 cm, Teniendo como resultado de penetración de carbonatación en un concreto convencional de 23.58 mm, por otro lado, el concreto con adición de ceniza volante



de carbón al 15% del volumen del cemento portland tipo I obtuvo como resultado de penetración 3.75mm. Otra probeta de diámetro de 15 cm con altura de 15 cm, Teniendo como resultado de penetración de carbonatación en un concreto convencional de 17.14 mm, por otro lado, el concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento portland tipo I obtuvo como resultado de penetración 2.85 mm.

### RECOMENDACIONES

- Para futura investigaciones se recomienda evaluar dosificaciones entre 15% - 20% de ceniza volante de carbón en reemplazo del cemento evaluado en edades de 28 días, para verificar si la resistencia a la compresión sigue incrementando.
- Para futura investigaciones se recomienda evaluar probetas con dosificaciones mayores al 15% de ceniza volante de carbón en reemplazo del cemento con edades de 28 días y luego

72 hr que es la duración del ensayo, para verificar si el nivel de permeabilidad del concreto sigue disminuyendo.

- Se recomienda evaluar el concreto con ceniza volante para condiciones de durabilidad ante agentes agresivos expuestos en ambiente costero, como es la de la carbonatación en el concreto, ya que se demuestra que gracias a la ceniza volante de carbón en un 15% de reemplazo del cemento, disminuye el nivel de profundidad de la carbonatación en el concreto dando un buen servicio a lo requerido.
- Con la finalidad de determinar el efecto que causa la ceniza volante de carbón en condición de aditivo, se recomienda como futura investigación en la dosificación del concreto utilizar la ceniza volante de carbón como aditivo y no como sustitución en porcentaje del cemento.
- Se recomienda tomar en consideración la presente investigación como aporte para la mitigación de la contaminación ambiental, así mismo para el desarrollo sostenible de la región, ya que al usar la ceniza volante de carbón se reducirá el uso de botaderos para su almacenamiento.
- Con la finalidad de continuar con el aporte de investigación se recomienda como extensión de la presente, que se evalúe el ensayo ante el ataque de cloruros con la adición de ceniza volante de carbón más el aditivo inhibidor de corrosión, para incrementar la durabilidad del acero de refuerzo del concreto.

## REFERENCIAS

ACI comité 201. (1997). Guía para la Durabilidad del Hormigón Informado por el Comité ACI 201. Recuperado 15 de junio de 2018, de [https://www.academia.edu/8458239/Gu%C3%ADa\\_para\\_la\\_Durabilidad\\_del\\_Hormig%C3%B3n\\_Informado\\_por\\_el\\_Comit%C3%A9\\_ACI\\_201](https://www.academia.edu/8458239/Gu%C3%ADa_para_la_Durabilidad_del_Hormig%C3%B3n_Informado_por_el_Comit%C3%A9_ACI_201)

ACI Sección Centro y Sur de México. (1996). Guía Para La Durabilidad Del Concreto.

Recuperado 17 de junio de 2018, de <https://es.scribd.com/document/381783980/Guia-Para-la-Durabilidad-del-Concreto-pdf>

Alonso, M. C., & Luxan, M. P. (1995). Aplicaciones de las cenizas volantes en el campo de la construcción. Madrid.

Astorga, A., & Rivero, P. (2009). Patologías en edificaciones. CIGIR. Recuperado de <https://docplayer.es/8329985-Patologias-en-las-edificaciones-modulo-iii-seccion-iv-ariana-astorga-pedro-rivero-cigir.html>

Camacho, J, Bernal, Abdelkader, S, Mahmoud, Pozo, E, Reyes, & Viera, S, Monteagudo. (2013). Estudio de la influencia de los medios con presencia de sulfatos en hormigones con cementos sulforresistentes y adiciones minerales: Parte 2. Hormigones expuestos a sulfato magnésico (MgSO<sub>4</sub>). Recuperado 7 de octubre de 2018, de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2013000300004&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2013000300004&script=sci_arttext)

Castillo, F. A. (2009). Tecnología del concreto teoría y problemas (Vol. 1). Perú: San Marcos. Recuperado de <https://www.udocz.com/read/read/tecnologia-del-concreto-teoria-y-problemas-ing-flavio-abanto-castillo>

Castillo Pinillos, Gerson, & Ortiz Esquivel, Rohaldo. (2018). Influencia del aditivo inhibidor de corrosión SIKA BNI en la velocidad de corrosión de acero embebido en concreto, expuesto en ambientes marinos de la zona costera de Trujillo, 2018 (Tesis parcial). Universidad Privada del Norte, Trujillo. Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13767>

Contreras, K., & Peña, P. (2017). Análisis de la resistencia a la compresión y permeabilidad en el concreto adicionando dosificaciones de cenizas volantes de carbón en la mezcla. Universidad Privada del Norte, Perú. Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10778>

Curran, G., & Hebé, F. (2016). Caracterización de hormigones ecológicos con adiciones puzolánicas y árido reciclado, y su protección frente a la corrosión de armaduras (Doctoral). Universidad de Alicante, España. Recuperado de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/73326>

Del Valle Moreno, A., Perez Lopez, T., & Martinez Madrid, M. (2001). EL FENOMENO DE LA CORROSION EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO. PUBLICACION TECNICA, (182), 81.

Giovanbattista, pablo. (2005). Incorporación de cenizas volantes en el hormigón elaborado. Maternix. Recuperado de <http://www.maternixsrl.com.ar/old/assets/incorporacion-de-cenizas-volantes-en-el-he--alta.pdf>

Guevara Fallas, G., Hidalgo Madrigal, C., Pizarro García, M., Rodríguez Valenciano, I., Rojas Vega, L. D., & Segura Guzmán, G. (2012). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. Tecnología en Marcha, 25(2), 80-86.

Guzman, D. S. de. (2001). TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO. Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=EWq-OPJhsRAC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=EWq-OPJhsRAC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Hernández-Castañeda, O., & Mendoza-Escobedo, C. J. (2006). Durabilidad e infraestructura: retos e impacto socioeconómico. Ingeniería, investigación y tecnología, 7(1), 57-70.

Huaquisto Cáceres, S., & Belizario Quispe, G. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. Revista de Investigaciones Altoandinas, 20(2), 225-234. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.366>

Huaquisto, S. (2016). EFECTO DE LA CENIZA VOLANTE EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN CONDICIONES DE CLIMA NATURAL. *Revista Científica Investigación Andina*, 15(1), 58-67.

IGME. (1995). Manual de reutilización de residuos de la industria minera, siderometalúrgica y termoeléctrica. España: IGME.

López, Mauricio, & Castro, José Tomás. (2010). Efecto de las puzolanas naturales en la porosidad y conectividad de poros del hormigón con el tiempo. *Revista Ingeniería de construcción*, 25(3), 419-431. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732010000300006>

Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (2013). Recuperado de <https://civilgeeks.com/2016/08/17/manual-carreteras-mtc-peru-suelos-geologia-geotecnia-pavimentos/>

Martínez Martínez, L. A. (2015). Evaluación de la Influencia del SO<sub>2</sub> como agente corrosivo en Estructuras de Concreto (Tesis para título de ingeniero Mecánico). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de [http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9327/TE\\_SIS.pdf?sequence=1](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9327/TE_SIS.pdf?sequence=1)

Ministerio de vivienda. (2009). NORMA E.060.

Molina Bas, O. I., Moragues Terrades, A., & Gálvez Ruiz, J. (2008a). La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento Pórtland en la durabilidad del hormigón: propiedades físicas, difusión del ión cloruro y del dióxido de carbono. En *Anales de Mecánica de la Fractura*. España: E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM). Recuperado de <http://www.gef.es/Congresos/25/PDF/8-1.pdf>

Montani, R. (2000). La carbonatación, enemigo olvidado del concreto. *Revista Construcción y Tecnología*. Recuperado de <http://www.imcvc.com/revista/2000/dic2000/carbonatacion.htm>

Muñoz Salinas, F., & Mendoza Escobedo, J. (2013, enero 18). La durabilidad en las estructuras de concreto reforzado desde la perspectiva de la norma española para estructuras de concreto. Recuperado 6 de octubre de 2018, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-30112012000200004&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-30112012000200004&script=sci_arttext&tlng=en)

Patiño, C., & Venegas, E. (2017). Análisis de las propiedades físico-mecánicas de un concreto elaborado con ceniza volante en porcentajes de 10%, 20% y 30% en sustitución parcial de cemento. (Universidad Andina del Cusco). Recuperado de <http://repositorio.uandina.edu.pe:8080/xmlui/handle/UAC/985>

Payá Bernabeu, J., & Soriano Martinez, L. (2014). Efecto de La Adición de Hidróxido Cálculo Sobre Mezclas Con Alta Sustitución de Cemento Por Ceniza Volante (UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA). Recuperado de <https://es.scribd.com/document/357927295/2014-Espana-Efecto-de-La-Adicion-de-Hidroxido-Calcico-Sobre-Mezclas-Con-Alta-Sustitucion-de-Cemento-p>

Osorio, J. D. (2011). Durabilidad del concreto en zonas costeras y obras portuarias. Recuperado 15 de junio de 2018, de <http://blog.360gradosenconcreto.com/durabilidad-del-concreto-en-zonas-costeras-y-obras-portuarias/>

Ossa, M., & Jorquera, H. (1984). Cementos con cenizas volantes. Materiales de Construcción, 34(193), 3-17. <https://doi.org/10.3989/mc.1984.v34.i193.956>

Pasquel Carbajal, E. (1998). TOPICOS DE TECNOLOGIA DE CONCRETO EN EL PERU (2.a ed.). Peru. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/145311372/TOPICOS-DE-TECNOLOGIA-DE-CONCRETO-EN-EL-PERU-pdf>

Patiño, C., & Venegas, E. (2017). Análisis de las propiedades físico-mecánicas de un concreto elaborado con ceniza volante en porcentajes de 10%, 20% y 30% en sustitución

parcial de cemento. Universidad Andina del Cusco, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uandina.edu.pe:8080/xmlui/handle/UAC/985>

Priano, C. (2011). Estado de conservación de hormigones estructurales en ambientes urbanos, rurales y marinos de la ciudad de Bahía Blanca y su zona de influencia (Tesis De Doctor en Ingenieria). Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. Recuperado de <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2172>

Quintero, A. F. R., & Rico, J. C. H. (2014). 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. Universidad Santo Tomás, Colombia.

Rivera, F., Lopez, M., Castro, J., & Martinez, P. (2013). Evaluación del uso de altos volúmenes de cenizas volantes en el hormigón.

Sanjuan Barbudo, M. Á., & Castro Borgues, P. (2001). Accion de los agentes quimicos y fisicos sobre el concreto (primera, Vol. 1). México: INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. Recuperado de [http://imcvc.com/redcvc/imcvc/biblioteca\\_digital/ACCION\\_DE\\_LOS\\_AGENTES\\_OUIMICOS\\_Y\\_FISICOS SOBRE EL CONCRETO.pdf](http://imcvc.com/redcvc/imcvc/biblioteca_digital/ACCION_DE_LOS_AGENTES_OUIMICOS_Y_FISICOS SOBRE EL CONCRETO.pdf)

Sartori, P., & Alvaro, M. (2015). Comportamiento de las armaduras frente a la corrosión, en piezas de hormigón armado, expuestas a un ambiente marino y otro urbano. Universidad de la República de Paraguay, Paraguay. Recuperado de <https://www.colibri.udelar.edu.uy/ispui/handle/123456789/9898>

Solís Carcaño, R. G., Moreno, É. I., & Castro Borges, P. (2005). Durabilidad en la estructura de concreto de vivienda en zona costera. Ingeniería, 9(1), 13-18.



T. Ratay, R. (2000). Manual de Ingeniería Estructural Forense (2.a ed., Vol. 1). Estados Unidos: McGraw-Hill Professional. Recuperado de <http://index-of.es/Varios-2/Forensic%20Structural%20Engineering%20Handbook.pdf>

Valderrama, C. P., Agredo, J. T., & Gutiérrez, R. M. de. (2011). Características de desempeño de un concreto adicionado con cenizas volantes de alto nivel de inquemados. Ingeniería e Investigación, 31(1), 39-46.

Valdez-Tamez, P. L., Durán-Herrera, A., Fajardo-San Miguel, G., & Juárez-Alvarado, C. A. (2009). Influencia de la carbonatación en morteros de cemento Pórtland y ceniza volante. Ingeniería, investigación y tecnología, 10(1), 39-49.

# ANEXOS

## ANEXO N° 01. VALIDACIÓN DE DATOS

### CARTA DE PRESENTACIÓN

**Ing. Jorge Alfonso, Tomas Tapia**

**Presente:**

**Asunto:** Validación de instrumentos.


Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la **UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con lo cual optaremos el Título de Ingeniero Civil.

El título de nuestro proyecto de investigación es: **"Influencia de la adición de ceniza volante de carbón en las propiedades del concreto en muros portuarios, lima, ancón, balneario de ancón, 2018"**. y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de Operacionalización de la variable.
- Certificado de validez de contenido de instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

  
JORGE ALFONSO TOMAS TAPIA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. Del Colegio de Ingenieros N° 44573

## **1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES**

### **1.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

#### **1.1.1. VARIABLE: V1-PROPIEDADES DEL CONCRETO**

Según (Solís, R., Moreno, E. & Castro, P., 2005. Pág. 13) en su artículo “Durabilidad en la estructura de concreto de vivienda en zona costera”, México, establece que el concreto ha sido el material de construcción más utilizado en el mundo durante el último siglo; las dos ventajas que ha tenido sobre su principal competidor, el acero, han sido: un menor valor del costo inicial y un menor requerimiento de desarrollo industrial para su producción; lo anterior lo ha hecho especialmente ventajoso en los países de menor desarrollo. Durante muchos años se pensó que las construcciones hechas con concreto tendrían una vida ilimitada, y los diseñadores y constructores estuvieron principalmente interesados en las características asociadas con la resistencia mecánica del material.

A partir de la década de los 80 se empezó a analizar con seriedad el hecho de que muchas construcciones no estuvieran manteniendo la seguridad y utilidad requeridas durante un tiempo suficientemente largo. Actualmente se puede considerar que el problema de las construcciones de concreto que más preocupa es la falta de durabilidad de las estructuras por cargas ambientales.

#### **1.1.2. Dimensiones de la variable:**

- **Dimensión 1.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Según (Fernández, A., & Morales, J., & Soto, F., 2016, pág. 197-203) en su artículo “Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para edades mayores que 28 días”.

Revista INGENIERÍA UC, Universidad de Carabobo, Venezuela, define que la resistencia depende de muchos factores como lo son la calidad de los agregados, las

condiciones de elaboración de la mezcla, el asentamiento, la temperatura de fraguado, y las condiciones propias del ensayo, entre otras, así como la inclusión de aditivos que producen variaciones en algunas de sus propiedades. Estos aditivos son utilizados para mejorar propiedades del concreto fresco o fraguado como lo son un mayor asentamiento, con reducción del agua, mayores resistencias en edades tempranas o reducción de la porosidad y peso específico del mismo. Debido a que el concreto en estado fresco empieza el proceso de fraguado o endurecimiento a medida que reacciona el agua de la mezcla con el cemento, se produce un alto calor de hidratación que puede ocasionar una rápida evaporación del agua de mezclado y una reducción del asentamiento necesario para colocarlo en los moldes, por lo que se recurre a Aditivos que mantienen esa trabajabilidad sin que deban producir modificaciones en las resistencias del mismo. Cualquiera que sea la naturaleza de los aditivos, orgánicos (resinas) o inorgánicos, estos son diseñados para trabajar en conjunto con las partículas de cemento, y según sea su propósito, procurar una mejor utilización de los materiales, reduciendo la dosificación de cemento o agua y logrando alcanzar de una manera más acelerada sus propiedades mecánicas y proporcionando mayor durabilidad en la obra.

- **Dimensión 2.- PERMEABILIDAD**

Según (Martínez-Hernández, A., & Montes-García, P., & Moreno, E., & Fernández-González, A., 2011, pág. 328-226) en su artículo “Efecto de la adición de un suelo lacustre o ceniza volante en las propiedades de concretos hidráulicos”.

Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, México, establece respecto a sus resultados de pruebas de penetración de cloruros, las mezclas diseñadas por el método HPC presentan la mayor resistencia a la penetración de iones cloruros, seguidas por las mezclas ACI y finalmente Abrams. Los resultados también permiten corroborar los beneficios de la adición de ceniza volante limitando el ingreso de los iones cloruros en concreto.

La ceniza volante generalmente reduce la permeabilidad y la absorción del concreto bien curado. Una consecuencia de la reacción lenta de la ceniza volante en el concreto es que, inicialmente, éste tiene una permeabilidad más alta que el concreto, referencia conteniendo únicamente cemento portland. Sin embargo, con el tiempo, el concreto con ceniza volante adquiere una permeabilidad baja, ya que productos adicionales se difunden continuamente y se precipitan dentro del sistema de poros capilares; esto da por resultado una reducción de la porosidad capilar y, consecuentemente, una estructura más fina de poros; a causa de la menor permeabilidad del concreto maduro que contiene ceniza volante, se reduce el ingreso de cloruros dentro del concreto. Por otra parte, la adición de suelo lacustre independientemente del método de diseño generó un aumento en los valores de dichos coeficientes debido a la presencia de partículas de cemento sin reaccionar.

- **Dimensión 3.- CARBONATACIÓN**

Según, en la (Revista Construcción y Tecnología 2000), en su tema “La Carbonatación, enemigo olvidado del concreto”, establecen que la carbonatación es un fenómeno que ocurre en miles de estructuras de concreto en todo el mundo, la carbonatación es generalmente un proceso de pocas consecuencias. Sin embargo, en el concreto reforzado, este proceso químico aparentemente inocuo, avanza lenta y progresivamente hacia adentro desde la superficie expuesta del concreto, y asalta al acero de refuerzo causando la corrosión. Aunque la carbonatación es una causa de la corrosión menos importante que los cloruros, no por ello es menos seria en términos del daño que provoca y del dinero que cuesta remediar sus efectos.

## **1.2. VARIABLE INDEPENDIENTE:**

### **1.2.1. CENIZA VOLANTE DE CARBÓN**

Según (Cabrera, J., Escalante, J. & Castro, P., 2016, pág. 64-83) en su artículo “Resistencia a la compresión de concretos con escoria de alto horno”, Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, México, define que los materiales con cierta capacidad de adherencia (material cementante) han sido fundamentales para el desarrollo y evolución de las construcciones. Es así que durante el transcurso de la historia el hombre ha tratado de buscar otros materiales cementantes para obtener mejores propiedades mecánicas y durabilidad.

Esta evolución ha llevado a que el cemento portland y el concreto reforzado sean los materiales más utilizados en la industria de la construcción. Por otra parte, la industria del cemento es una de las principales fuentes generadoras de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Se estima que las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera alcanzan un valor de 1.0 ton por tonelada de Clinker. que es de donde se obtiene el cemento portland después de la molienda. Ante este inconveniente se han buscado alternativas de aprovechamiento de materiales con capacidad cementante que no sean dañinos para el medio ambiente debido a su procedencia y que, además, cuidadosamente empleados, puedan aportar beneficios. Lo anterior ha dado pie a la utilización de sub-productos industriales cuya categorización es amplia y variada. Aunque actualmente la cantidad de residuos/sub-productos que se utiliza es poca, comparada con la que se produce, cada día alrededor del mundo se llevan a cabo investigaciones para buscar nuevas aplicaciones de éstos como materiales cementantes en la industria de la construcción con el objetivo de lograr un mayor empleo de ellos y de esta manera disminuir la huella de carbono de la industria de la construcción. Existen algunos desechos industriales que pueden ser viablemente utilizados como materiales cementantes y que, además, requieren poco o ningún tipo de tratamiento previo para su utilización en la mezcla para concreto y/o mortero. Por otro lado, también existen otros materiales cementantes de origen natural (por ejemplo, la ceniza volcánica) que se encuentran disponibles para su uso en la



mezcla de concreto. Algunos materiales cementantes provenientes de desechos industriales que pueden utilizarse como materiales alternativos son: la ceniza volante de carbón, el humo de sílice, la escoria de alto horno, la meta caolinita, los cuales se pueden emplear como adiciones minerales en la preparación del cemento portland fabricado en planta como adición en la molienda; o por la mezcla de dos o más tipos de materiales finos que sustituyen parcialmente al cemento portland empleados en la mezcla de concreto o mortero.

## ANEXO N° 02. CARTA DE SOLICITUD DE CENIZA VOLANTE DE CARBÓN



UNIVERSIDAD "Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"  
PRIVADA DEL NORTE

Lima, 22 de agosto del 2018

**CARTA N° 026- 2018/CII/UPNL**

**ENGIE ENERGÍA PERU S.A**  
Av. República de Panamá 3490, San Isidro 15047  
Gerencia Capital Humano

**Presente.**

De mi especial consideración:

Es muy grato dirigirme a usted para saludarlo muy cordialmente y a la vez desearle la continuidad de los éxitos en la gestión que vienen desempeñando.

En nombre de la Universidad Privada del Norte, le informo que dentro del desarrollo de las actividades académicas en la Carrera de Ingeniería Civil; se tiene programado trabajos relacionados con el desarrollo académico profesional de nuestros estudiantes; con el objetivo de fortalecer y afianzar sus conocimientos.

Por tal motivo, solicito encargue a quien corresponda, nos autorice el ingreso a sus instalaciones, con el propósito de solicitar 300 kg de muestra de ceniza volante, producto generado por su planta termoeléctrica como un desperdicio, con el fin de promover el material cenizas volantes en la elaboración de mezclas convencionales de concreto, para nuestra investigación en el curso de tesis.

Asimismo, tenga a bien brindarle las facilidades que el caso amerita a los alumnos presentados seguidamente:

NOMBRE Y APELLIDO	CODIGO	DNI
MAYRA FLOR, ESPADA MAYTA	N0077943	76683411
LEONARDO JHONATAN, MORALES ANDRADE	N00112034	72668282

Al respecto, para cualquier coordinación adicional, comunicarse con el alumno LEONARDO JHONATAN, MORALES ANDRADE, vía correo [le\\_onardo19\\_96@hotmail.com](mailto:le_onardo19_96@hotmail.com) o en el teléfono 935271168.

Agradezco de antemano su cordial atención, y hago propicia la oportunidad para reiterarle los sentimientos de mi especial consideración, sin otro particular me despido de usted.

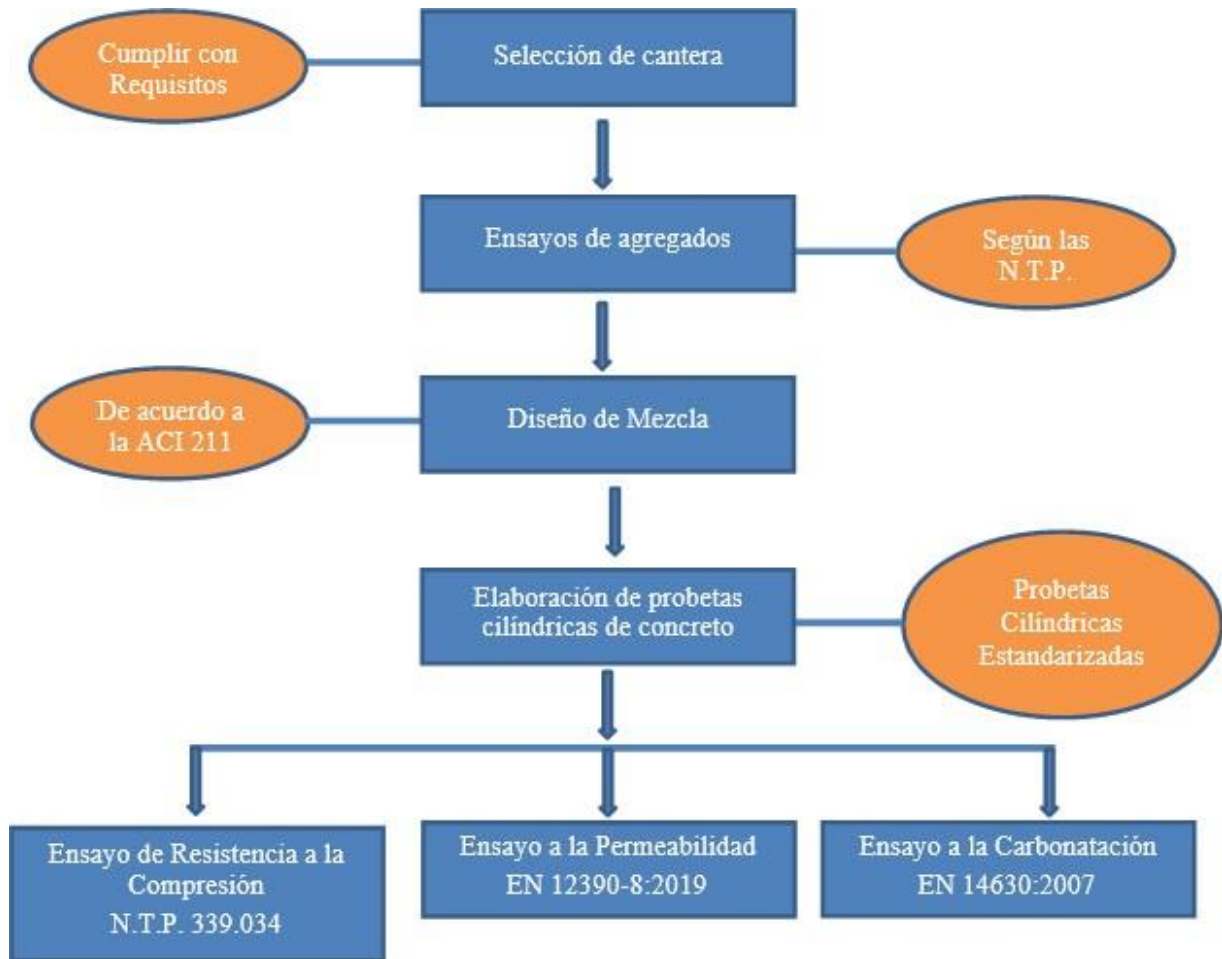
Atentamente.

  
ING. FANNY VALDIVIESO GARCIA

Directora de Ingeniería Civil  
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE – LOS OLIVOS



**ANEXO N° 03. DIAGRAMA DE FLUJO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**



**ANEXO N° 04. CARTA DE SOLICITUD PARA USO DE LABORATORIO DE  
CONCRETO**

"AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO"

**SOLICITUD PARA USO DE LABORATORIO**

Lima, 20 de septiembre 2018

**Estimada Director (a) de la carrera de Ingeniería Civil:**  
**Fanny Rita Valdivieso Garcia**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE – SEDE LOS OLIVOS**

Por la presente, Mayra Flor Espada Mayta y Leonardo Jhonatan Morales Andrade identificados con DNI Nro. 76693411 / 72668282, Estudiantes del 10 mo ciclo con código de estudiante Nro. N00077943 / N00112034 y con código de clase 3634 / egresado en el periodo 2018-2 Solicito el uso del laboratorio especializado de concreto de la carrera de Ingeniería Civil para los respectivos ensayos necesarios en la elaboración de mi tesis, titulada " INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS PROTECTORES EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN LOS MUROS PORTUARIOS, LIMA, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018"

Me comprometo a seguir los lineamientos según indica el manual de seguridad de los laboratorios solicitados y el proceso de almacenamiento y desecho de los materiales (agregados – suelos) a utilizar.

Agradezco su atención a la presente, sin otro en particular me despido cordialmente.

Atentamente,

  
Firma del solicitante  
Nombre: Mayra Flor Espada Mayta  
DNI: 76693411

  
Firma del solicitante  
Nombre: Leonardo Jhonatan Morales Andrade  
DNI: 72668282

## ANEXO N° 05. SOLICITUD DE DONACIÓN DE AGREGADOS POR UNICON



### Donacion de agregados

1 mensaje

Viviana Salazar <vsalazar@unicon.com.pe> vie., 21 de sep. de 2018 a la hora 3:40 PM  
Para: Flor De Mayra Espada Mayta <maymayadri@gmail.com>  
Cc: Eduardo Paypay <epaypay@unicon.com.pe>, Gladis Burgos <gburgos@unicon.com.pe>

Estimada Mayra,

Según lo conversado, te podemos apoyar con la entrega de 13 bolsas de arena gruesa y 13 bolsas de piedra huso 5.

Por favor, apersonarte a Cantera Jicamarca a partir del día lunes a las 9:00 am, preguntar por el Ing. Eduardo Pay Pay|Jefe de Cantera. (Adjunto croquis) a quien también copio en el presente correo.

Por favor, cualquier consulta adicional nos indicas.)

Saludos cordiales,

Viviana  
[Texto citado oculto]

Saludos,



**Viviana Salazar**  
Responsable Comercial de Agregados

(511) 215-4600 Anexo 4892 | (51) 995-040105  
vsalazar@unicon.com.pe  
[www.unicon.com.pe](http://www.unicon.com.pe)

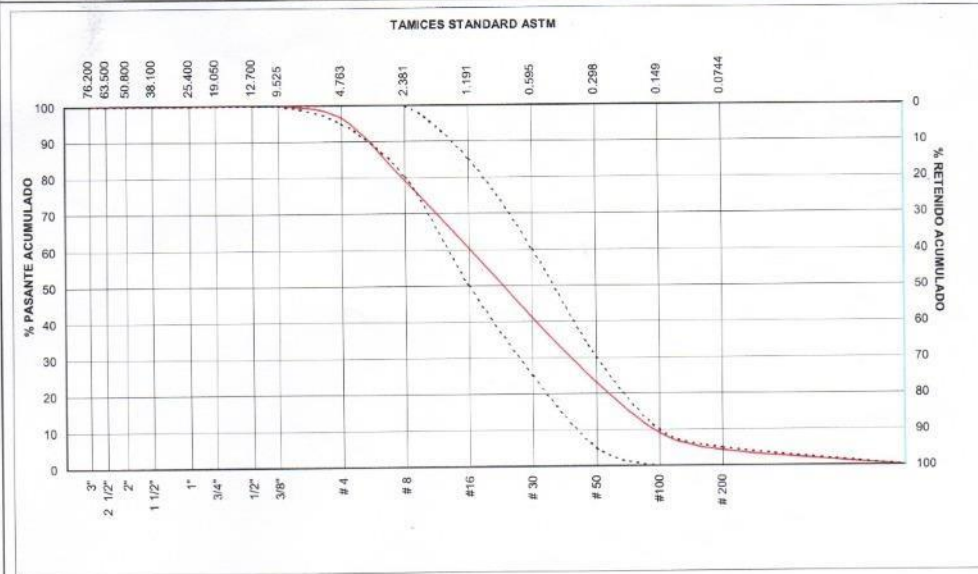





ANEXO N° 06. CERTIFICADO DEL AGREGADO FINO POR UNICON

GRUPO CONCRETERO		GID-LA-R-009	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE AGREGADOS PARA PLANTAS		Pág. 1 de 1	
MUESTRA:	Agregado Fino C33	DESPECHO	FECHA DE MUESTREO :	24/09/2018		
CANTERA:	JICAMARCA		HORA DE MUESTREO :	07:10:00 a.m.		
PLANTA:			TECNICO :	R. Cabezas		
GRANULOMETRIA				CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
MALLA	PESO RETENIDO en gramos (b)	% RETENIDO (c)=(b)/(a)*100	% RETENIDO ACUMUL. (d)=SUMA Ø	% PASANTE ACUMUL. 100 - (d)	MODULO DE FINEZA	2.90
3"	0.0	0.0	0.0	100.0	TAMAÑO MÁXIMO	3/8"
2 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	(A) peso de tara (g) :	1499.4
2"	0.0	0.0	0.0	100.0	(B) peso de muestra original húmeda(g):	2132.6
1 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	(C) peso de muestra seca(g) :	2083.1
1"	0.0	0.0	0.0	100.0	% HUMEDAD	8.48
3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0	[B-C] * 100 / [C-A]	
1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	(D) peso de tara (g) :	1499.4
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	(E) peso de muestra seca (g) :	2083.1
# 4	20.0	3.4	3.4	96.6	(F) peso de muestra después de lavado seca (g) :	2059.3
# 8	101.7	17.4	20.8	79.2	%PASANTE DE M # 200	4.08
# 16	108.3	18.6	39.4	60.6	[E-F] * 100 / [E-D]	
# 30	113.3	19.4	58.8	41.2	OBSERVACIONES:	
# 50	105.6	18.1	76.9	23.1	% MALLA 200 POR TAMIZADO= 4.2 %	
# 100	81.7	14.0	90.9	9.1		
# 200	28.4	4.9	95.8	4.2		
FONDO	24.7	4.2	100.0	0.0		
TOTAL (a)	583.7	100.0	MODULO FINEZA	2.90		

El módulo de fineza= % retenido acumulado en las mallas (3" + 1 1/2" + 3/4" + 3/8" + #4 + #8 + #16 + #30 + #50 + #100) / 100  
 Nota: Para ag. Gruesos, en los tamices donde no exista retenido considere 100% de retenido acumulado en cada uno  
 El tamaño maximo= menor tamiz por el que pasa el 100% del agregado tamizado.



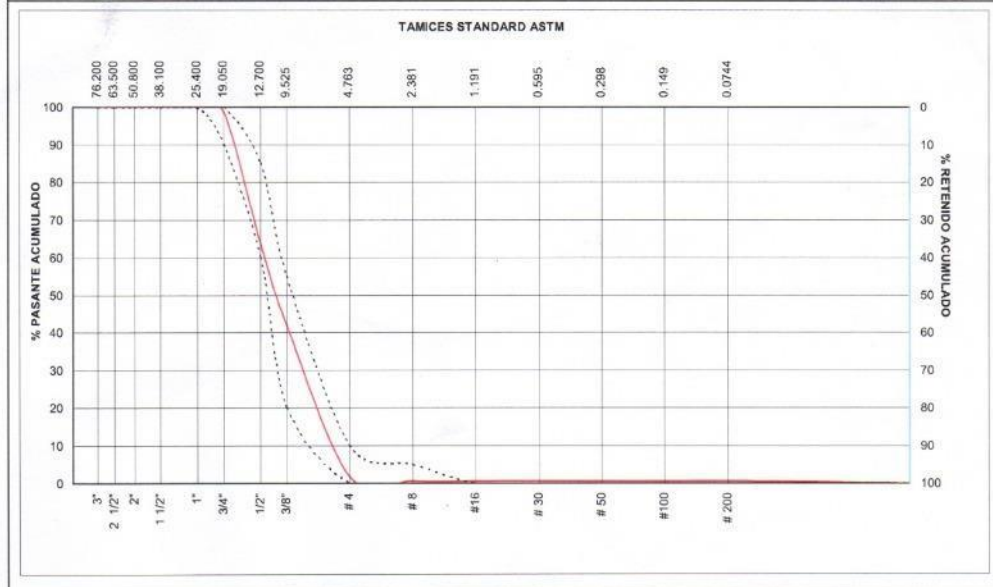
ANEXO N° 07. CERTIFICADO DEL AGREGADO GRUESO POR UNICON

	GID-LA-R-009	<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE AGREGADOS PARA PLANTAS</b>	Pág. 1 de 1
---	--------------	--	-------------

MUESTRA:	Huso 67	DESPACHO	FECHA DE MUESTREO :	24/09/2018
CANTERA:	JICAMARCA		HORA DE MUESTREO :	07:15:00 a.m.
PLANTA:			TECNICO :	R. Cabezas


MALLA	GRANULOMETRIA				CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
	PESO RETENIDO en gramos	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMUL.	% PASANTE ACUMUL.	MODULO DE FINEZA	
	(b)	(c)=(b)/(a)*100	(d)=SUMA (c)	100 - (d)		6.54
3"	0.0	0.0	0.0	100.0	(A) peso de tara (g) :	1155.9
2 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	(B) peso de muestra original húmeda(g):	5371.5
2"	0.0	0.0	0.0	100.0	(C) peso de muestra seca(g) :	5346.3
1 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	% HUMEDAD	
1"	0.0	0.0	0.0	100.0	[B-C] * 100 / [C-A]	0.60
3/4"	52.3	1.2	1.2	98.8		
1/2"	1453.9	34.7	35.9	64.1	(D) peso de tara (g) :	1155.9
3/8"	920.0	22.0	57.9	42.1	(E) peso de muestra seca (g) :	5346.3
# 4	1689.7	40.3	98.2	1.8	(F) peso de muestra después de lavado seca (g) :	5324.8
# 8	49.5	1.2	99.4	0.6	%PASANTE DE M # 200	
# 16	0.0	0.0	99.4	0.6	[E-F] * 100 / [E-D]	0.51
#30	0.0	0.0	99.4	0.6	OBSERVACIONES:	
#50	0.0	0.0	99.4	0.6	% MALLA 200 POR TAMIZADO= 0.60 %	
#100	0.0	0.0	99.4	0.6		
#200	0.0	0.0	99.4	0.6		
FONDO	25.0	0.6	100.0	0.0		
TOTAL (a)	4190.4	100.0	MODULO FINEZA	6.54		

El módulo de fineza= % retenido acumulado en las mallas (3" + 1 1/2" + 3/4" + 3/8" + #4 + #8 + #16 + #30 + #50 + #100) / 100  
 Nota: Para ag. Gruesos, en los tamices donde no exista retenido considere 100% de retenido acumulado en cada uno  
 El tamaño máximo= menor tamiz por el que pasa el 100% del agregado tamizado.





ANEXO N° 08. CERTIFICADO DE CALIBRACION






## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMC-082-2017

Peticionario	: Universidad Nacional de Ingeniería
Atención	: LEM - FIC - Universidad Nacional de Ingeniería
Lugar de calibración	: Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales " Ing. Manuel Gonzales de la Cotera " FIC - UNI - Av. Túpac Amaru N° 210 Rimac - Lima.
Tipo de equipo	: Máquina de Compresión Electro-hidráulica
Capacidad del equipo	: 50000 kgf
División de escala	: 100 kgf
Marca	: AMSLER
N° de serie del equipo	: 223/500
Código Interno UNI	: MUNV-1
Tipo de indicador	: Analógico
Procedencia	: Suiza
Método de calibración	: ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing machines"
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial	: 20,0 °C / 71%
Temp.(°C) y H.R.(%) final	: 19,9 °C / 76%
Patrón de referencia	: Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8294, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-829411216
Número de páginas	: 2
Fecha de calibración	: 2017-08-22

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por.	Revisado por
	2017-08-23	 Vladimiro Tello Torres <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	 JOSE FRANCISCO SAMPEO JAPAJA <small>INGENIERO CIVIL</small> Reg. del Colegio de Ingenieros E' 1928

CMC-082-2017 Página 1 de 4

Av. Brasil 1361 Int. 602 - Jesús María - Lima Tel: (01)4371145 - 3322711 web: www.celdaeirl.com email: celda@celdaeirl.com



**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión 50000 kgf.

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1º ascenso	2º ascenso	3º ascenso			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	5000	4942	5000	5000	4981	0,4	0,1
20	10000	10055	9983	9979	9999	0,0	0,1
30	15000	14834	14849	14902	14862	0,9	0,1
40	20000	19924	19963	19989	19959	0,2	0,1
50	25000	24905	24980	24980	24951	0,2	0,1
60	30000	29935	29874	29949	29919	0,3	0,1
70	35000	35049	35062	35057	35056	-0,2	0,1
80	40000	39900	39917	39881	39871	0,2	0,1
90	45000	44929	44938	44941	44936	0,1	0,1
100	50000	49804	49849	49850	49848	0,3	0,1



Dirección de carga : Compresión 25000kgf

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1º ascenso	2º ascenso	3º ascenso			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	2500	2477	2481	2479	2479	0,8	0,2
20	5000	4985	4990	4992	4989	0,2	0,1
30	7500	7434	7436	7438	7436	0,0	0,1
40	10000	9997	9942	9991	9977	0,2	0,1
50	12500	12468	12490	12493	12484	0,1	0,1
60	15000	15027	15019	15025	15024	-0,2	0,1
70	17500	17529	17565	17567	17554	-0,3	0,1
80	20000	19959	19938	19935	19944	0,2	0,1
90	22500	22524	22525	22522	22524	-0,1	0,1
100	25000	24891	24905	24901	24899	0,4	0,1



DM-002-2017

Página 2 de 4





Dirección de carga : Compresión 10000 kgf.

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1º ascenso (kgf)	2º ascenso (kgf)	3º ascenso (kgf)			
0	0	0	0	0	0	0.0	0,1
10	1000	960	1001	1000	987	1,3	0,2
20	2000	2004	2023	2019	2015	-0,8	0,1
30	3000	3016	3026	3029	3024	-0,8	0,1
40	4000	4022	4025	4036	4028	-0,7	0,1
50	5000	4998	5040	5028	5022	-0,4	0,1
60	6000	6013	6052	6042	6036	-0,6	0,1
70	7000	7038	7074	7065	7059	-0,6	0,1
80	8000	8020	8027	8017	8021	-0,3	0,1
90	9000	9036	9059	9053	9049	-0,5	0,1
100	10000	10017	10026	10022	10022	-0,2	0,1

#### Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

#### Notas

El usuario está obligado a tener el equipo verificado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado





ANEXO N° 09. MATRIZ DE OPERACIONALIDAD DE VARIABLES

<b>Variable dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Indicador</b>
Propiedades del concreto	Resistencia a la Compresión	Es el esfuerzo máximo que soporta el concreto bajo una carga axial.	Carga máxima (kg/cm <sup>2</sup> ) en Tiempo (7, 14, 28) días
	Permeabilidad	Es el nivel de filtración entre los poros del concreto con una presión baja.	Nivel de filtración (mm)
	Carbonatación	Es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto.	Nivel recorrido del PH (mm)
<b>Variable Independiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Indicador</b>
Aditivo Protector	Ceniza volante de carbón	Polvillo generado por las termoeléctricas, reutilizado para el diseño de mezcla en reemplazo porcentual del cemento.	Porcentaje

ANEXO N° 10. MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA								
TÍTULO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN MUROS PORTUARIOS, LIMA, ANCÓN, BALNEARIO DE ANCÓN, 2018"								
AUTORES: BACH. ESPADA MAYTA, MAYRA FLOR BACH. MORALES ANDRADE, LEONARDO JHONATAN								
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE		TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION POBLACIÓN Y MUESTRA	TECNICA E INSTRUMENTOS	ESTADISTICA A UTILIZAR	
Problema general	Objetivo general	Hipotesis general						
¿Qué efecto tiene la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en las propiedades del concreto, en muros portuarios, Lima, Ancón, Sector balneario, 2018?	demostrar el efecto de la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en las propiedades del concreto, en muros portuarios.	Los muros portuarios construidos de concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presentan mejores propiedades que los muros portuarios construidos de concreto tradicional.	Variable Dependiente: Propiedades del concreto. Variable Independiente: Ceniza Volante de Carbón		Tipo : Es aplicada por que se incorpora la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, para ver que efecto genera en las propiedades del concreto. Diseño: Según el tipo de investigación se investigará sobre posibles relaciones causa efecto observando una consecuencia existente, donde el investigador selecciona uno o varios efectos (variables dependientes) y examina datos con el fin de buscar causas, relaciones y su significado.	Población : Construcción de muros portuarios, muelles de Ancón. Probetas cilíndricas elaboradas en el laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Nacional de Ingeniería, según las normas NTP 339.034. Tipo De Muestra: Para realizar las probetas de concreto de alto desempeño, los especímenes se harán en función	Tecnica : Procedimiento de recolección de datos. Para el procedimiento de recolección de datos, se rigió en una ordenada serie de pasos los cuales se realizan con referencia a Normas. Diseño de mezcla: Para el diseño de Mezcla de Concreto se optó por el metodo A.C.I. por lo que las proporciones de dosificación para los criterios dados como la resistencia de un F'c= 280 Kg/cm2	Descriptivo : . Guías de observación. . Formato de evaluación de resistencia a la compresión. . Formato de evaluación de carbonatación. . Protocolo de verificación de
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipotesis específicas	DIMENSIONES DE (V.D)	INDICADORES				
¿Qué efecto tiene la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en la resistencia a la compresión del concreto, en muros portuarios, Lima, Ancón, Sector balneario, 2018?	demostrar el efecto de la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en la resistencia a la compresión del concreto, en muros portuarios.	Los muros portuarios construidos de concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presentan mejor resistencia a la compresión que los muros portuarios construidos de concreto tradicional.		Carga máxima (kg/cm2) en Tiempo (7, 14, 28) días	devido a que se tomaron grupos que ya están la cifra mínima de muestras integrados, por lo que las unidades de análisis elaboradas es de tres (03) no se asignan al azar.	El modelo en el cual está basado el proyecto a las NORMAS TÉCNICAS PERUANAS DE CONCRETO la Central Termoelectrica Ilo 21 y serán añadidas con el 15% del volumen del cemento.	Inferencial :	
¿Qué efecto tiene la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en la permeabilidad del concreto, en muros portuarios, Lima, Ancón, Sector balneario, 2018?	demostrar el efecto de la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, en la permeabilidad del concreto, en muros portuarios.	Los muros portuarios construidos de concreto con adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen del cemento, presentan menor nivel de permeabilidad que los muros portuarios construidos de concreto tradicional.	Permeabilidad	Nivel de filtración (mm)	debido a que se tomaron grupos que ya están la cifra mínima de muestras integrados, por lo que las unidades de análisis elaboradas es de tres (03) no se asignan al azar.	Las cenizas volantes de carbón, serán obtenidas de ensayos de investigación es Cuasi experimental, PERUANAS DE CONCRETO la Central Termoelectrica Ilo 21 y serán añadidas con el 15% del volumen del cemento.	Inferencial :	
					V.D = Propiedades del concreto			

¿Qué efecto tiene la adición de ceniza volante de carbón al 15% del volumen de cemento, en muros portuarios, Lima, Ancón, Sector balneario, 2018?

Demstrar el efecto de la adición de ceniza volante de carbón al 15% con adición de ceniza volante de carbón al 15%

del volumen del cemento, presentan menor nivel de profundidad de carbonatación que los muros portuarios construidos de concreto tradicional.

**Carbonatación**

D1= Resistencia a la compresión  
 D2 = Permeabilidad  
 Nivel recorrido del D3 = Carbonatación  
 PH (mm)  
 V.I = Ceniza volante de Carbón

cuantificación de muestras se está considerando 30 probetas de concreto patron y la adición de ceniza volante de carbón.


NTP 339.185.2002 - Contenido de humedad agregado por secado. . Tablas y graficas estadisticas

NTP 400.037.2002 - Normalizada para agregados . Software de T-STUDENT

en hormigón  
 NTP 400.012.2013 - Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.




## ANEXO N° 11. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

	<p><b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b></p> <p><b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>  <b>N.T.P.339.185 - ASTM C566</b></p>					
<p><b>TESIS :</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE CENIZA VOLANTE DE CARBON EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN MUROS PORTUARIOS, LIMA, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018"</p>						
<p><b>UBICACIÓN:</b> LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO - UPN</p>						
<p><b>MUESTRA:</b> AGREGADO GRUESO "3/4"</p>						
<p><b>CANTERA:</b> UNICON - JICAMARCA</p>						
<p><b>NORMA :</b> N.T.P. 339.185 - METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD EVAPORABLE EN AGREGADOS POR SECADO</p>						
<p><b>FECHA:</b> 04/10/2018</p>						
<p><b>TESISTAS:</b> ESPADA MAYTA, MAYRA FLOR  MORALES ANDRADE, LEONARDO JHONATAN</p>						
<p><b>DATOS :</b></p>						
<b>MUESTRA</b>	<b>DATOS</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROMEDIO</b>
A	Peso de la Tara	(g)	260	-	-	260
B	Peso de la Tara + Peso de la muestra Húmeda	(g)	6260	-	-	6260
C	Peso de la muestra húmeda (B-A)	(g)	6000	-	-	6000
D	Peso de la tara + peso de la muestra seca	(g)	6230	-	-	6230
E	Peso de la muestra seca (D-A)	(g)	5970	-	-	5970
<p><b>% de contenido de Humedad:</b> <math>\frac{g(g)}{(g)} \frac{100}{100} = \frac{6000}{50} \frac{100}{100} = 0.5</math></p>						

**Fuente:** Elaboración Propia

ANEXO N° 12. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

	<p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>CONTENIDO DE HUMEDAD N.T.P.339.185 - ASTM C566</p>					
<p><b>TESIS :</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE CENIZA VOLANTE DE CARBON EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, EN LOS MUROS PORTUARIOS, LIM A, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018"</p>						
<p><b>UBICACIÓN:</b> LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO - UPN</p>						
<p><b>MUESTRA:</b> AGREGADO FINO</p>						
<p><b>CANTERA:</b> UNICON - JICAMARCA</p>						
<p><b>NORMA :</b> N.T.P. 339.185 - METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD EVAPORABLE EN AGREGADOS POR SECADO</p>						
<p><b>FECHA:</b> 04/10/2018</p>						
<p><b>TESISTAS:</b> ESPADA MAYTA, MAYRA FLOR MORALES ANDRADE, LEONARDO JHONATAN</p>						
<p><b>DATOS :</b></p>						
MUESTRA	DATOS	UNIDAD DE MEDIDA	1	2	3	PROMEDIO
A	Peso de la Tara	(g)	200	-	-	200
B	Peso de la Tara + Peso de la muestra Húmeda	(g)	1000	-	-	1000
C	Peso de la muestra húmeda (B-A)	(g)	800	-	-	800
D	Peso de la tara + peso de la muestra seca	(g)	960	-	-	960
E	Peso de la muestra seca (D-A)	(g)	760	-	-	760
<p><b>% de contenido de Humedad :</b> <math>\frac{g(g)}{(g)} 100 = \frac{0060}{60} 100 = 5. \underline{\hspace{1cm}}</math></p>						

*Fuente: Elaboración propia*

## ANEXO N° 13. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL

N.T.P 400.012 - ASTM C136

**TESIS :** "INFLUENCIA DE LA ADICION DE CENIZA VOLANTE DE CARBON EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, EN LOS MUROS PORTUARIOS, LIMA, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018"

**UBICACIÓN:** LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO - UPN

**MUESTRA:** AGREGADO GRUESO

**CANTERA:** UNICON - JICAMARCA

**NORMA :**

N.T.P. 400.012 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL

**FECHA:** 04/10/2018

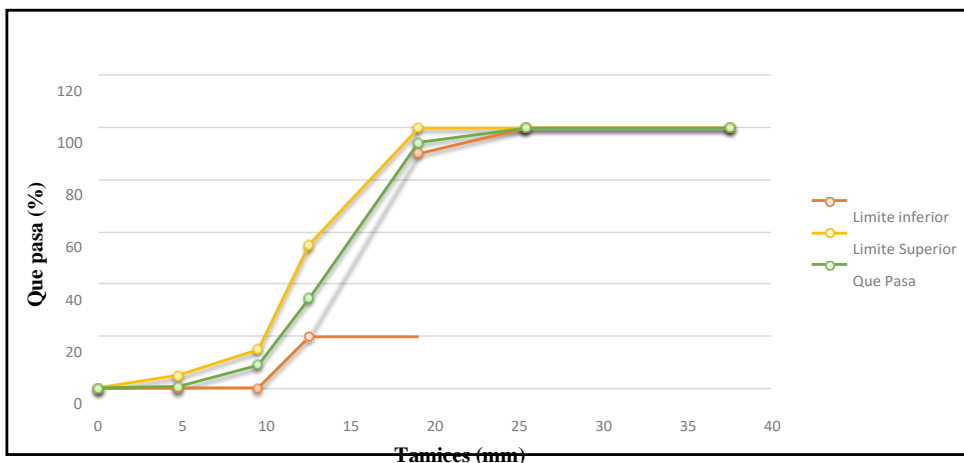
**TESISTAS:** ESPADA MAYTA, MAYRA FLOR

MORALES ANDRADE, LEONARDO JHONATAN

**DATOS :**

		NTP 400.037		PESO RETENIDO(g)	PESO RETENIDO (%)	P. ACUMULADO DEL SUELO	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MIN.	MÁX.			P.RETENIDO (%)	% QUE PASA
1 1/2 "	37.5	100	100	0	0.00	0.00	100.00
1 "	25.4	100	100	0	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19	90	100	340	5.70	5.70	94.30
1/2 "	12.5	20	55	3570	59.80	65.49	34.51
3/8 "	9.5	0	15	1530	25.63	91.12	8.88
N° 4	4.75	0	5	500	8.38	99.50	0.50
FONDO		0	0	30	0.50	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>				<b>5970</b>	<b>M.F</b>	<b>6.96</b>	

TMN	3/4"
TN	1 1/2"



Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO N° 14. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL

N.T.P 400.012 - ASTM C136

**TESIS :** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, EN LOS MUROS PORTUARIOS, LIMA, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018"

**UBICACIÓN:** LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO - UPN

**MUESTRA:** AGREGADO FINO

**CANTERA:** UNICON - JICAMARCA

**NORMA :**

N.T.P. 400.012 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL

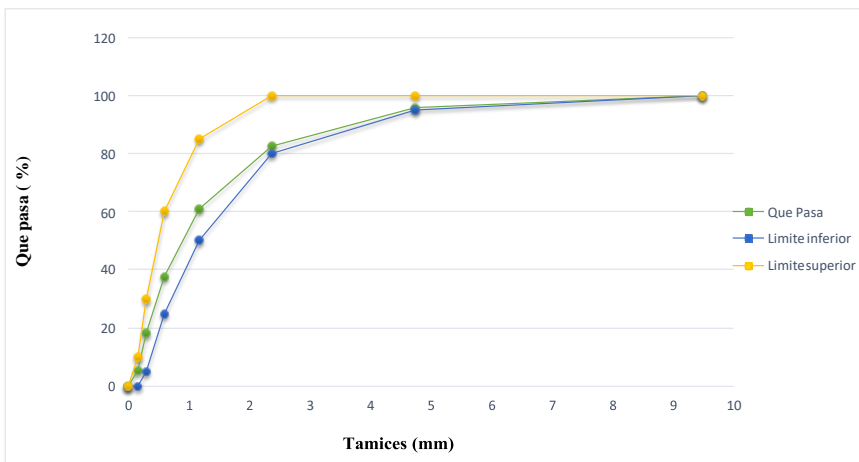
**FECHA:** 04/10/2018

**TESISTAS:** ESPADA MAYTA, MAYRA FLOR

MORALES ANDRADE, LEONARDO JHONATAN

**DATOS :**

					P.DE LAMUESTRA (g)	760	
TAMIZADO EN SECO ARENA GRUESA							
TAMIZ	ABERTURA (mm)	NTP 400.037		P.RETENIDO(g)	P.RETENIDO(%)	PORCENTAJE ACUMULADO DEL SUELO	
		MIN.	MÁX.			RETENIDO	QUE PASA
3/8 "	9.5	100	100	0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	95	100	30.5	4.20	4.20	95.80
N° 8	2.36	80	100	95.5	13.10	17.30	82.70
N° 16	1.18	50	85	159	21.80	39.10	60.90
N° 30	0.6	25	60	170.1	23.30	62.40	37.60
N° 50	0.3	5	30	140.8	19.30	81.70	18.30
N° 100	0.15	0	10	95	13.00	94.70	5.30
FONDO		0	0	30.6	5.30	100.00	0.00
TOTAL				760	M.F	2.99	



Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO N° 15. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

### PESO UNITARIO

N.T.P 400.017 - ASTM C29

**TESIS :** "INFLUENCIA DE LA ADICION DE CENIZA VOLANTE DE CARBON EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, EN LOS MUROS PORTUARIOS, LIMA, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018"

**UBICACIÓN:** LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO - UPN

**MUESTRA:** AGREGADO FINO

**CANTERA:** UNICON - JICAMARCA

**NORMA :** N.T.P. 400.017 - METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD ("PESO UNITARIO") Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS

**FECHA:** 04/10/2018

**TESISTAS:** ESPADA MAYTA, MAYRA FLOR  
MORALES ANDRADE, LEONARDO JHONATAN

### DATOS :

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO						
AGREGADO FINO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL ≤ 1/2"			VOLUMEN MOLDE	0.002776 m <sup>3</sup>
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	
A	Peso del Molde + AF compactado	kg	6.35	6.35	6.35	PROMEDIO
B	Peso del Molde	kg	1.65	1.65	1.65	
C	Peso del AF Compactado, C=A-B	kg	4.7	4.7	4.7	
D	PESO UNITARIO COMPACTADO D = C / Vol.Molde	kg/m <sup>3</sup>	1700	1700	1700	1700
E	Peso del Molde + AF Suelto	kg	5.9	5.9	5.9	PROMEDIO
F	Peso del AF Suelto, F= E - B	kg	4.25	4.25	4.25	
G	PESO UNITARIO SUELTO, G = F / Vol.Molde	kg/m <sup>3</sup>	1530	1530	1530	1530

*Fuente: Elaboración Propia*

## ANEXO N° 16. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

### PESO UNITARIO

N.T.P 400.017 - ASTM C29

**TESIS :** "INFLUENCIA DE LA ADICION DE CENIZA VOLANTE DE CARBON EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, EN LOS MUROS PORTUARIOS, LIMA, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018"

**UBICACIÓN:** LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO - UPN

**MUESTRA:** AGREGADO GRUESO

**CANTERA:** UNICON - JICAMARCA

**NORMA :** N.T.P. 400.017 - METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD ("PESO UNITARIO") Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS

**FECHA:** 04/10/2018

**TESISTAS:** ESPADA MAYTA, MAYRA FLOR  
MORALES ANDRADE, LEONARDO JHONATAN

### DATOS :

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO						
AGREGADO GRUESO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL $\leq 1 \frac{1}{2}$ "			VOLUMEN MOLDE	0.009358 m <sup>3</sup>
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	
A	Peso del Molde + AG compactado	kg	19.9	19.9	19.95	PROMEDIO
B	Peso del Molde	kg	4.85	4.85	4.85	
C	Peso del AG Compactado, C=A-B	kg	15.05	15.05	15.1	
D	PESO UNITARIO COMPACTADO D = C / Vol.Molde	kg/m <sup>3</sup>	1610	1610	1610	1610
E	Peso del Molde + AG Suelto	kg	18.9	19	19.05	PROMEDIO
F	Peso del AG Suelto, F= E - B	kg	14.05	14.15	14.2	
G	PESO UNITARIO SUELTO, G = F / Vol.Molde	kg/m <sup>3</sup>	1500	1510	1520	1510

*Fuente: Elaboración Propia*

## ANEXO N° 17. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

### GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

N.T.P 400.022 - ASTM C128

**TESIS :** "INFLUENCIA DE LA ADICION DE CENIZA VOLANTE DE CARBON EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, EN LOS MUROS PORTUARIOS, LIMA, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018"

**UBICACIÓN:** LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO - UPN

**MUESTRA:** AGREGADO FINO

**CANTERA:** UNICON - JICAMARCA

**NORMA :** N.T.P. 400.022 - GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

**FECHA:** 04/10/2018

**TESISTAS:** ESPADA MAYTA, MAYRA FLOR  
MORALES ANDRADE, LEONARDO JHONATAN

**DATOS :**

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	P R O M E D I O
A	Número de fiola	g	163.8	-	-	
B	Peso de la fiola con agua destilada ( hasta la marca)	g	663.8	-	-	
C	Peso de la muestra S.S.S	g	500	-	-	
D	Peso de la fiola + agua + muestra S.S.S	g	973.8	-	-	
E	Identificación del recipiente	g	Tesis	-	-	-
F	Peso del recipiente	g	150.7	-	-	-
G	Peso del recipiente + muestra secada al horno	g	643.5	-	-	-
H	Peso de la muestra seca = G - F	g	492.8	-	-	-
I	Peso específico de la masa = H/(B+C-D)	/	2.59	-	-	2.59
J	Peso específico S.S.S (base saturada) =C/(B+C-D)	/	2.74	-	-	2.74
K	Peso específico aparente (base seca) = H/(B+H-D)	/	2.7	-	-	2.7
L	% Absorción = ((C-H)/H)*100	%	1.5	-	-	1.5

**Fuente:** Elaboración Propia



## ANEXO N° 18. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

### GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

N.T.P 400.022 - ASTM C128

**TESIS :** "INFLUENCIA DE LA ADICION DE CENIZA VOLANTE DE CARBON EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, EN LOS MUROS PORTUARIOS, LIMA, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018"

**UBICACIÓN:** LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO - UPN

**MUESTRA:** AGREGADO GRUESO

**CANTERA:** UNICON - JICAMARCA

**NORMA :** N.T.P. 400.022 - GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

**FECHA:** 04/10/2018

**TESISTAS:** ESPADA MAYTA, MAYRA FLOR  
MORALES ANDRADE, LEONARDO JHONATAN

**DATOS :**

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	P R O M E D I O	
A	Peso de la muestra S.S.S (en el aire)	g	3000	-	-		
B	Peso de la muestra S.S.S (sumergido)	g	1891.2	-	-		
C	Volumen de la masa + Volumen de vacíos (A-B)	g	1108.8	-	-		
D	Peso de muestra seca	g	2968.3	-	-		
E	Peso Específico de masa = (D/C)	/	2.68	-	-		
F	Peso Específico S.S.S (Base saturada) = (A/C)	/	2.71	-	-		2.71
G	Peso Específico Aparente (Base seca) = (D/(D-B))	/	2.76	-	-		2.76
H	% Absorción = ((C-H) /H)*100	%	1.1	-	-	1.1	

**Fuente:** Elaboración Propia

**ANEXO N° 19. CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200  
(AGREGADO GRUESO)**

	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
	<b>CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200</b>  N.T.P 400.018 - ASTM C117					
<b>TESIS :</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE CENIZA VOLANTE DE CARBON EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, EN LOS MUROS PORTUARIOS, LIMA, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018"						
<b>UBICACIÓN:</b> LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO - UPN						
<b>MUESTRA:</b> AGREGADO GRUESO						
<b>CANTERA:</b> UNICON - JICAMARCA						
<b>NORMA :</b> N.T.P. 400.018 - CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200						
<b>FECHA:</b> 04/10/2018						
<b>TESISTAS:</b> ESPADA MAYTA, MAYRA FLOR MORALES ANDRADE, LEONARDO JHONATAN						
<b>DATOS :</b>						
<b>CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200</b>						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	P R O M E D I O
A	Peso de la muestra	g	5970	-	-	
B	Peso de la muestra lavada y seca	g	5940	-	-	
C	Material que pasa el tamiz N° 200 <b>C= A - B</b>	g	30	-	-	
D	% que pasa el tamiz N° 200 <b>D = (C/A) * 100</b>	%	0.5	-	-	0.5

*Fuente: Elaboración Propia*

**ANEXO N° 20. CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200  
(AGREGADO FINO)**

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200**  
N.T.P 400.018 - ASTM C117

**TESIS :** "INFLUENCIA DE LA ADICION DE CENIZA VOLANTE DE CARBON EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN MUROS PORTUARIOS, LIMA, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018"

**UBICACIÓN:** LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO - UPN

**MUESTRA:** AGREGADO FINO

**CANTERA:** UNICON - JICAMARCA

**NORMA :** N.T.P. 400.018 - CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200

**FECHA:** 04/10/2018

**TESISTAS:** ESPADA MAYTA, MAYRA FLOR  
MORALES ANDRADE, LEONARDO JHONATAN

**DATOS :**

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200						P R O M E D I O
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	
A	Peso de la muestra	g	76	-	-	
B	Peso de la muestra lavada y seca	g	729.4	-	-	
C	Material que pasa el tamiz N°200 $C = A - B$	g	30.6	-	-	
D	% que pasa el tamiz N°200 $D = (C / A) * 100$	%	4	-	-	4

**Fuente: Elaboración Propia**

## ANEXO N° 21. DISEÑO DE MEZCLA PARA PROBETAS DE CONCRETO

### 1) CÁLCULO F'cr (resistencia promedio requerida)

$$P.e \text{ Agua} = 364 \text{ kg} / \text{m}^3$$

### 2) CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

$$\text{Aire} = 1\%$$

### 3) CONTENIDO DE AGUA

$$\text{Agua} = 200 \text{ Lt/m}^3$$

### 4) RELACIÓN a/c (por resistencia F'cr)

350	0.48
364	x
400	0.43

$$X = 0.466 = a/c$$

### 5) CONTENIDO DE CEMENTO

$$\frac{200}{C} = 0.466$$

$$C = 429.185 \text{ kg}$$

$$\text{Facto C.} = 429.2 \text{ kg} / 42.5 \text{ (kg/bls)}$$

$$\text{Factor C.} = 10.10 \text{ bls}$$

### 6) PESO DE AGREGADO GRUESO

$$\text{Peso a.g.} = x \text{ Peso u.s.c.}$$

2.80	0.62
3.00	x
3.00	0.60

	3.00
3/4	0.60

$$\text{Peso a.g.} = 966.00 \text{ kg}$$

**7) VOLUMEN ABSOLUTO**

Cemento = 0.136 m <sup>3</sup>	↓ (+)
Agua = 0.200 m <sup>3</sup>	
Aire = 0.010 m <sup>3</sup>	
Vol. a.g. = 0.3220 m <sup>3</sup>	
-----	
Σ = 0.6682 m <sup>3</sup>	

Vol. a.f. = 1 m<sup>3</sup> - 0.668 m<sup>3</sup>  
**Vol. a.fino = 0.3318 m<sup>3</sup>**

**8) CALCULAR EL PESO DEL AGREGADO FINO**

Peso a. fino = 859.20 kg

**9) PRESENTACIÓN DEL DISEÑO EN ESTADO SECO**

Cemento = 429.2 kg
Agregado fino = 859.20 kg
Agregado grueso = 966.00 kg
Agua = 200.00 Lt

**10) CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS**

Peso seco x  $\left(\frac{+1}{100}\right)$

Agregado fino = 904.74 kg  
Agregado grueso = 970.83 kg

**11) APORTE DE AGUA A LA MEZCLA**

$\left(\frac{\quad}{100}\right) \text{ g g d c}$

Agregado fino =	34.38 Lt	(+)
Agregado grueso =	-5.82 Lt	
-----		
Σ =	6.00 Lt	

**12) AGUA EFECTIVA**

Agua Efectiva = 194.00 Lt
---------------------------

### 13) PROPORCIONAMIENTO DEL DISEÑO DE CONCRETO CONVENCIONAL

MATERIALES	1M3	CANT. X 3 PROBETAS
CEMENTO TIPO I	429.2 kg	9.013 kg
A. GRUESO	966.0 kg	20.286 kg
A. FINO	859.2 kg	18.043 kg
AGUA	194.0 kg	4.074 kg

<b>VOLUMEN DE PROBETA</b>	<b>0.007</b>
---------------------------	--------------

### 14) Calculo de volumen de la Ceniza Volante de Carbón

PESO ESPECIFICO CEMENTO	3150 KG/M3
PESO ESPECIFICO CENIZA VOLANTE	2150 KG/M3

VOLUMEN TOTAL DEL CEMENTO	0.136	M3
---------------------------	-------	----

15 % (CENIZA) DEL PESO DEL CEMENTO	0.0204	M3
PESO DEL CEMENTO	0.1156	M3

PESO CEMENTO	364.14	KG
PESO CENIZA	43.86	KG

### 15) PROPORCIONAMIENTO DEL DISEÑO DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA

MATERIALES	1M3	CANT. X 3 PROBETAS
CEMENTO TIPO I	364.14 kg	7.65 kg
CENIZA VOLANTE 15%	43.86 kg	0.92 kg
A. GRUESO	917.19 kg	19.26 kg
A. FINO	961.00 kg	20.18 kg
AGUA	194.19 kg	4.08 kg

<b>VOLUMEN DE PROBETA</b>	<b>0.007</b>
---------------------------	--------------



## ANEXO N° 22. CERTIFICADO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN

### RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESION

**Tabla N° 01**  
Resultados de Ensayo a la Compresión (7 días)

Muestra N°	Denominación	Edad (días)	Diámetro	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
1	MC1	7	15.5	55455.00	188.7	293.88	252.60
2	MC2	7	15.5	36595.00	188.7	193.93	
3	MC3	7	15.5	50945.00	188.7	269.98	
Muestra N°	Denominación	Edad (días)	Diámetro	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
1	MCC1	7	15.5	48290.00	188.7	255.91	254.21
2	MCC2	7	15.5	46495.00	188.7	246.40	
3	MCC3	7	15.5	49120.00	188.7	260.31	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 02**  
Resultados de Ensayo a la Compresión (14 días)


Muestra N°	Denominación	Edad (días)	Diámetro	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
1	MC1	14	15.5	55950.00	188.7	296.50	282.30
2	MC2	14	15.5	52650.00	188.7	279.01	
3	MC3	14	15.5	51210.00	188.7	271.38	
Muestra N°	Denominación	Edad (días)	Diámetro	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
1	MCC1	14	15.5	55620.00	188.7	294.75	287.37
2	MCC2	14	15.5	52720.00	188.7	279.39	
3	MCC3	14	15.5	54340.00	188.7	287.97	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 03**  
Resultados de Ensayo a la Compresión (28 días)

Muestra N°	Denominación	Edad (días)	Diámetro	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
1	MC1	28	15.5	55986.00	188.7	296.70	290.39
2	MC2	28	15.5	58250.00	188.7	308.70	
3	MC3	28	15.5	50150.00	188.7	265.77	
Muestra N°	Denominación	Edad (días)	Diámetro	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
1	MCC1	28	15.5	53985	188.7	286.09	293.68
2	MCC2	28	15.5	56798	188.7	301.00	
3	MCC3	28	15.5	55470	188.7	293.96	

Fuente: Elaboración Propia

  
Lic. Edika Espinoza Cabrera  
Coordinadora de Lab. Ing. Civil  
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A. E.I.R.L.



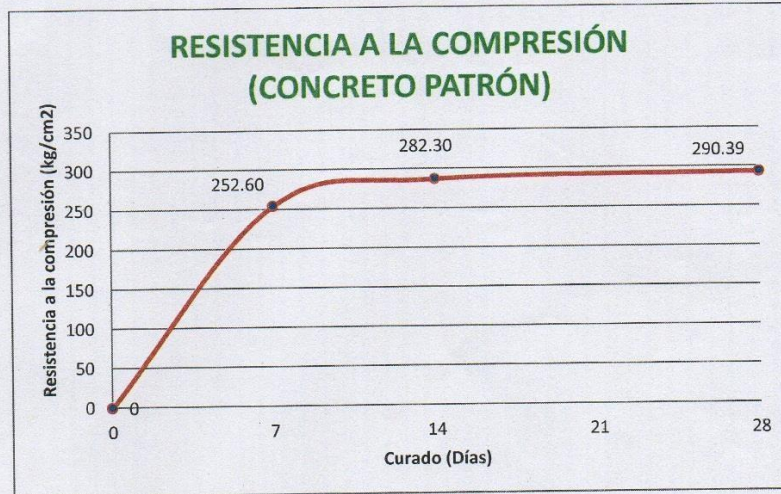


Fig. N°01. Gráfica de Resistencia a la Compresión (Concreto Patrón)

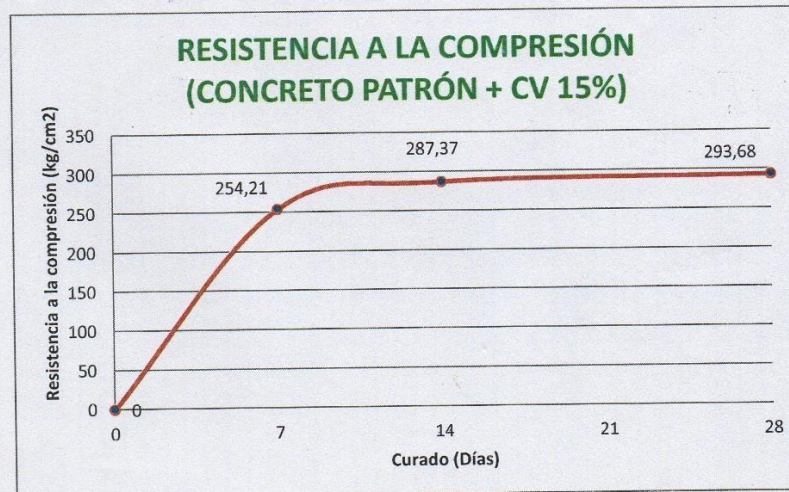


Fig. N°02. Gráfica de Resistencia a la Compresión (Concreto Patrón + CV 15%)

*[Firma manuscrita]*  
L.C. Edika Espinoza Cabrera  
Coordinadora de Lab. Ing. Civil  
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.

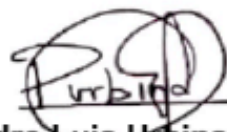
## ANEXO N° 23. CERTIFICADO DE ENSAYO DE PERMEABILIDAD



### CERTIFICADO

Mediante el presente documento, certificamos que la Srta. Mayra Flor Espada Mayta con DNI 76683411 y el Sr. Leonardo Jhonatan Morales Andrade con DNI 72668282, han realizado el ensayo: "Profundidad de Penetración de agua bajo presión bajo la Norma EN 12390-8" cumpliéndose con los procedimientos y resultados correspondientes en las muestras llevando como nombre en su tesis: "Influencia de la adición de ceniza volante de carbón en las propiedades del concreto en Muros Portuarios, Lima, Sector Balneario de Ancón, 2018" en las instalaciones del laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM) en el área de Concreto, en las instalaciones de la Planta Lurín de Sika Perú.

Lurín, 08 de abril del 2019

  
**Pedro Luis Urbina Vega**  
**Auxiliar de Laboratorio**  
**Sika Perú S.A.C.**



### RESULTADOS DE ENSAYO A LA PERMEABILIDAD

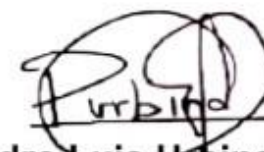
**TESIS :** " INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN MUROS PORTUARIOS, LIMA, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018"

**UBICACIÓN:** LABORATORIO SIKA - LURIN

**TESISTAS:** ESPADA MAYTA , MAYRA FLOR  
MORALES ANDRADE, LEONARDO  
JHONATAN

#### DATOS DE ENSAYO :

Probeta	Denominación	% CVC	EDAD DE CURADO	EDAD DE ENSAYO	PORCENTAJE (a/c)	Tiempo de ensayo (hr.)	Penetración máx. (mm)	Promedio de penetración (mm)
1	CP1	0	28	31	0.46	72	118	122
2	CP2	0	28	31	0.46	72	123	
3	CP3	0	28	31	0.46	72	126	



**Pedro Luis Urbina Vega**  
**Auxiliar de Laboratorio**  
**Sika Perú S.A.C.**

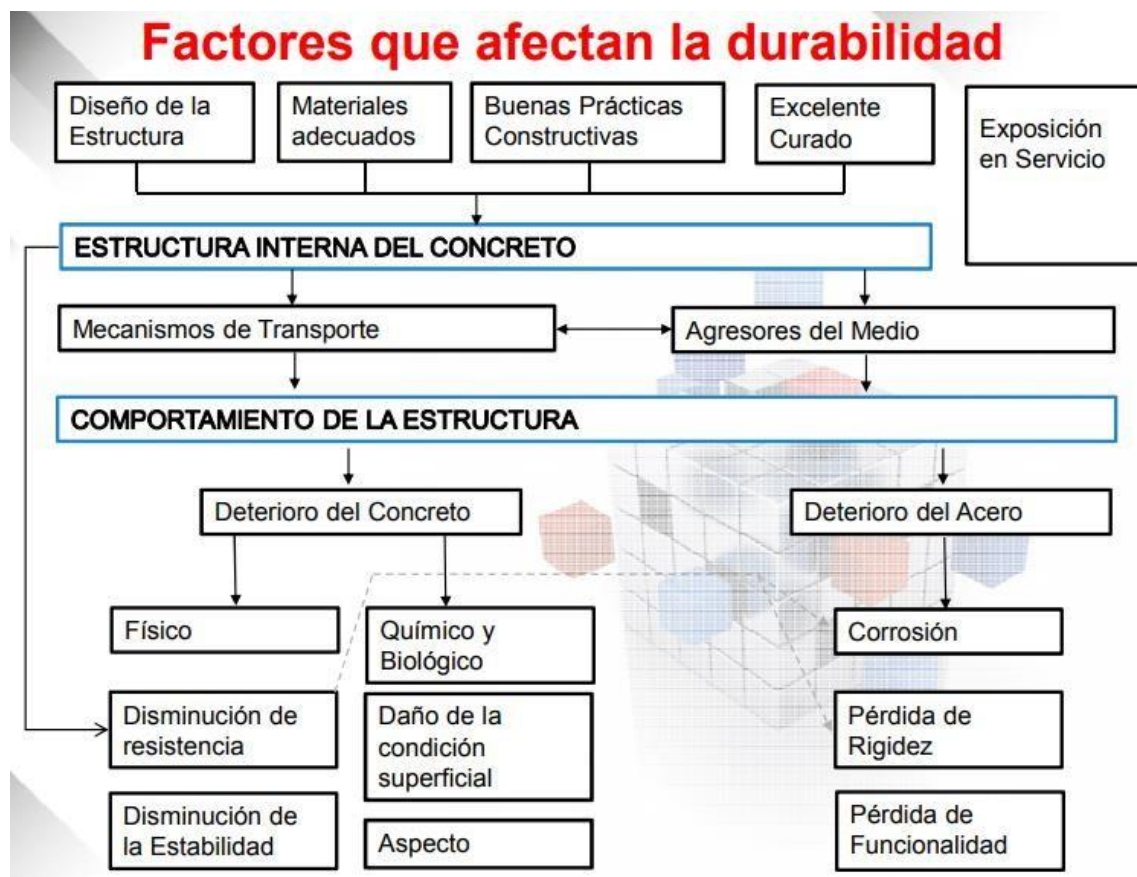
Probeta	Denominación	% CVC	EDAD DE CURADO	EDAD DE ENSAYO	PORCENTAJE (a/c)	Tiempo de ensayo (hr.)	Penetración máx. (mm)	Promedio de penetración (mm)
1	CP+CVC1	15	28	31	0.46	72	38	42
2	CP+CVC2	15	28	31	0.46	72	43	
3	CP+CVC3	15	28	31	0.46	72	45	



**ANEXO N° 24. DISEÑO DE MEZCLA ÓPTIMO PARA UN CONCRETO DURABLE**

**DURABILIDAD**

El ACI 201 (ACI, 2002) define durabilidad aquel concreto por su configuración química, física y mecánica puede llegar a resistir ambientes exigentes como aquellos que están expuestos diariamente a dióxidos de carbono, cloruros y sulfatos, durante todo su periodo de vida útil.



**Figura 93.** Factores que afectan la durabilidad del concreto. Fuente USTA TUNJ “Parámetros de Durabilidad en concretos”

(Hito, 2018) en su tesis “Durabilidad del concreto Elaborado en base a la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) con cemento portland, ante agentes agresivos”, se verifica la durabilidad de los materiales o agregados, donde se determina y somete las muestras al sulfato de Magnesio Según la norma (NTP 400.016,2011).

**PROCEDIMIENTO REQUERIDO PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS ÓPTIMO**

## 1. DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Las características y propiedades de los agregados deben ser examinadas y analizadas para obtener concretos de buena durabilidad, resistencia y económicos.

### 1.1. GRANULOMETRÍA: (NTP 400.012, 2001)

Se obtiene el tamaño y distribución de partículas, es importante para que se logre una mezcla óptima, pues afecta la cantidad de concreto que puede producir en relación a/c. (H. Kosmatka et al., 2004)

## 2. DETERMINACION DE LA RELACION AGUA-CEMENTO

Existen dos criterios (por resistencia y por durabilidad) donde es importante elegir el menor de los valores con base en la resistencia satisfaga los requerimientos de durabilidad.

### 2.1. POR RESISTENCIA

Para Concretos preparados con cemento Pórtland tipo 1 o cementos comunes, puede tomarse la relación a/c de la *Fig. 94*.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'cr) (kg/cm <sup>2</sup> )*	RELACION AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

\* Los valores corresponden a resistencias promedio estimadas para concretos que no contengan más del porcentaje de aire mostrado en la tabla 5.1. Para una relación agua/cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire.

*Figura 94.* Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.

## 2.2. POR DURABILIDAD

La Norma Técnica de Edificación E.060 prescribe que si se requiere concreto de baja permeabilidad, o el concreto expuesto en proceso de congelación y deshielo en condición humedad. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la **Fig. 95**.

CONDICIONES DE EXPOSICION	RELACIÓN AGUA/CEMENTO MÁXIMA.
Concreto de baja permeabilidad:	
a) Expuesto a agua dulce.	0.50
b) Expuesto a agua de mar o aguas salobres.	0.45
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales. (*)	0.45
Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda:	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45
b) Otros elementos.	0.50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.	0.40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45

(\*) La resistencia  $f_c$  no deberá ser menor de 245 kg/cm<sup>2</sup> por razones de durabilidad.

**Figura 95.** Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a condiciones especiales de exposición.

## 2.3. CEMENTO

La durabilidad puede ser mejorada por el empleo de cemento de bajo contenido de aluminato tricíclico cementos de bajo contenido de álcalis, cementos puzolánicos, cementos de escorias, cenizas o escorias de alto horno finamente molidas.

CEMENTOS PORTLAND ADICIONADOS	
TIPO IP	: Cemento Puzolánico (15%-40%)
TIPO IPM	: Cemento Puzolánico Modificado (menos de 15%)
TIPO IS	: Cemento de Escoria (25%-70%)
TIPO ICo	: Cemento Compuesto (hasta 30%)
TIPO IL	: Cemento Calizo
TIPO IT	: Cemento Ternario (dos adiciones)

**Figura 96.** Cementos Portland adicionados.  
Fuente ASOCEM.

## 2.4. AGUA

Agua Potable libre de impurezas. Aumentar un 10 % de agua puede disminuir un 20% de la Resistencia del concreto.

## 3. AIRE INCORPORADO EN EL CONCRETO

Está comprobado que el controlado uso de aditivo incorporado de aire tiene efectos que se basa en la durabilidad y resistencia. Donde se obtiene una reducción en la cantidad de arena, la exudación y la segregación permitiendo trabajar con relaciones de agua-cemento bajas de manera que la permeabilidad disminuye ya que las burbujas distribuidas en el hormigón forman una red de canales estanca. (Arcos, 2011)

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO		
Tamaño máximo nominal del agregado (pulg)	Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Aire atrapado
3/8"	9.5	3.00%
1/2"	12.5	2.50%
3/4"	19	2.00%
1"	25	1.50%
1 1/2"	37.5	1.00%
2"	50	0.50%
3"	75	0.30%
6"	150	0.20%

*Figura 97.* Contenido de Aire Atrapado

### 3.1. POR DURABILIDAD

CONTENIDO TOTAL DE AIRE PARA CONCRETO RESISTENTE AL CONGELAMIENTO			
Tamaño máximo nominal del agregado* (pulg)	Tamaño máximo nominal del agregado* (mm)	Contenido de aire (en porcentaje)	
		Exposición severa	Exposición moderada
3/8"	9.5	7.5	6
1/2"	12.5	7	5.5
3/4"	19	6	5
1"	25	6	4.5
1 1/2"	37.5	5.5	4.5
2"	50	5	4
3"	75	4.5	3.5
6"		4	3

*Figura 98.* Contenido Total de Aire para Concreto Resistente al Congelamiento.



#### **4. PUESTA EN OBRA**

Su vertido, colocación, y compactación, deberá cuidar lo siguiente:

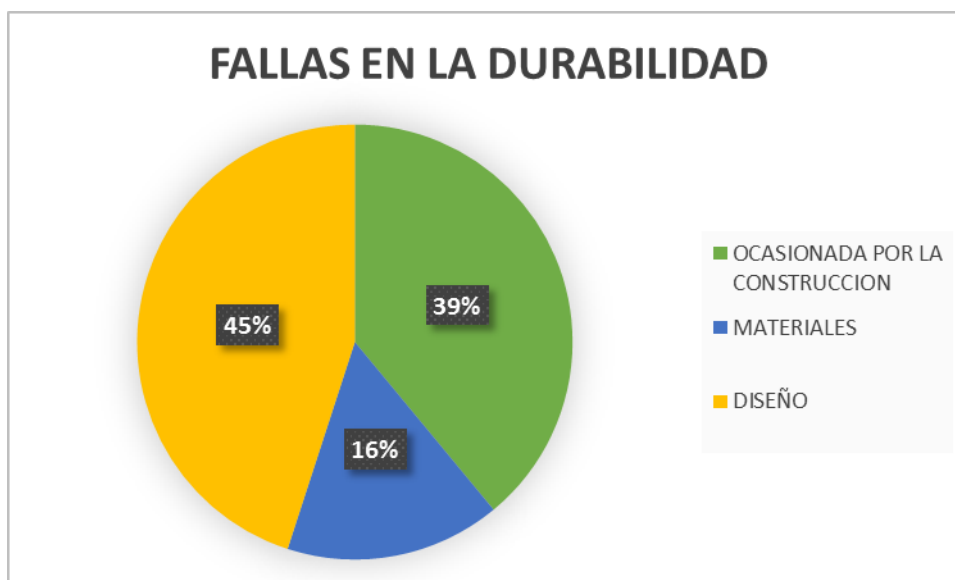
- \* No se colocará hormigón que tenga principio de fraguado.
- \* El límite de tiempo del que se dispone, desde la fabricación del hormigón hasta su colocación es de 1,5 horas en condiciones normales.
- \* Se evitará la disgregación de la mezcla, o separación de los áridos gruesos, sin dejar caer el hormigón desde alturas superiores a los 2 metros.
- \* El vertido se realizará por tongada que permitan la compactación completa de la masa lo hará durable.(Arcos, 2011)

#### **5. CORRECTO CURADO**

Durante el fraguado y el primer periodo de endurecimiento (48 horas) el hormigón alcanza temperaturas apreciables, produciéndose pérdidas de agua por evaporación.

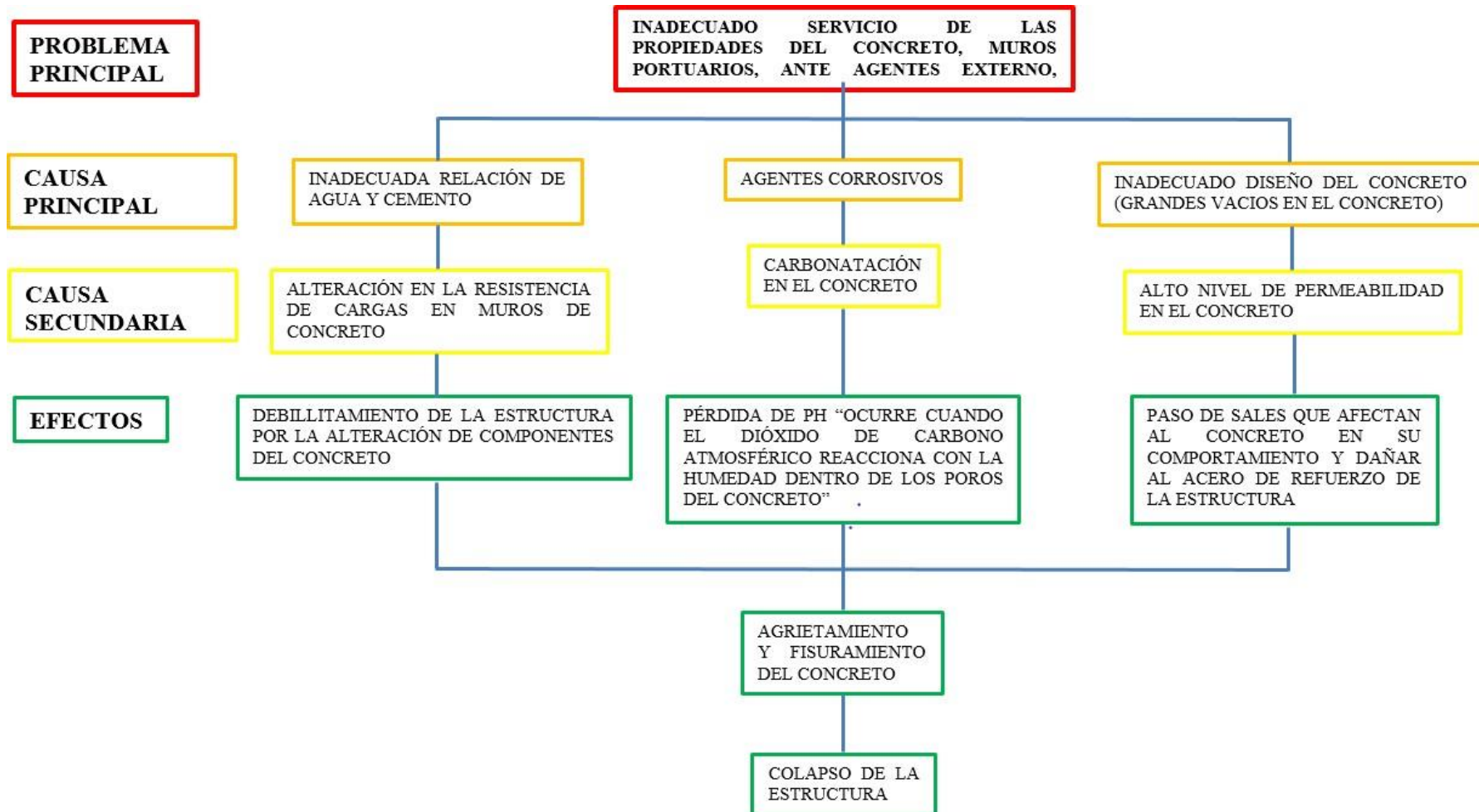
Por tanto, un correcto curado consigue que la impermeabilidad del hormigón sea la mayor posible, con los mínimos poros, mejorando su durabilidad y su resistencia (de un 30 a un 50%).(Arcos, 2011)

#### **CAUSANTES DE LAS FALLAS POR DURABILIDAD**



**Figura 99.** Fallas en la Durabilidad.  
**Fuente “Construcción y tecnología”**

**ANEXO N° 26. ÁRBOL DE PROBLEMA**



ANEXO N° 27. PANEL FOTOGRÁFICO



*Figura 100.* Almacén de Sacos de Ceniza Volante de Carbón



***Figura 101.*** Sacos de Ceniza Volante de Carbón



***Figura 102.*** Sacos de Ceniza Volante de Carbón





*Figura 103.* Sacos de Ceniza volante Ilo - Lima (Terrapuerto Plaza Norte)



*Figura 104.* Cantera Unicon Jicamarca



*Figura 105.* Almacén de Agregados Unicon



*Figura 106.* Transporte Unicon de los Agregados





***Figura 107.*** Agregados Unicon



***Figura 108.*** Probetas Cilíndricas Expuestas al Mar – Muelle el Dorado





***Figura 109.*** Probeta Cilíndrica Expuesta al Contacto con el Agua del Mar



***Figura 110.*** Probetas de Concreto Sumergidas



***Figura 111.*** Segunda Tanda de Muestras a Sumergirse



***Figura 112.*** Dado de Concreto que sujeta las Muestras





*Figura 113.* Tercera Tanda de Muestras a Sumergirse



*Figura 114.* Muelle El Dorado - Balneario de Ancón



*Figura 115.* Preparación de probetas para el ensayo de carbonatación



*Figura 116.* Corte de probetas para el ensayo de carbonatación





**Figura 117.** Probetas cortadas para el ensayo de carbonatación



**Figura 118.** Probetas de concreto convencional cortada transversalmente agregado fenolftaleína para determinar nivel de profundidad de carbonatación



**Figura 119.** Probetas de concreto con adición de ceniza volante de carbón cortadas transversalmente agregado fenolftaleína para determinar nivel de profundidad de carbonatación





*Figura 120.* Ensayo de permeabilidad empresa SIKA



*Figura 121.* Laboratorio de SIKA





**Figura 122.** Probeta para el ensayo de permeabilidad



**Figura 123.** Probetas para colocación para inicio del ensayo de permeabilidad



*Figura 124. Equipo para el ensayo de permeabilidad*



*Figura 125. Calibración del equipo*



*Figura 126.* Probetas colocadas para dar inicio con el ensayo de permeabilidad



*Figura 127.* Ajustes del equipo a presión de 50 m.c.a directo a las probetas