



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estudio de la corrosión del concreto de mediana resistencia por efecto de los sulfatos utilizando cemento Quisqueya tipo I – Lima 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Michael Jhonatan Chacón Quillay

ASESOR:

Mg. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2018

PÁGINA DEL JURADO

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 2
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

..... MICHAEL JHONATAN CHUCOÑA QUILLEY

cuyo título es:

" ESTUDIO DE LA CORROSIÓN DEL CONCRETO DE MEDIANA RESISTENCIA
 POR EFECTO DE SULFATOS UTILIZANDO CEMENTO QUISQUEYA TIPO J - LIMA 2018

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

..... 16 (número) DESISEIS (letras).

Lugar y fecha LIMA 04 - DIC - 18



PRESIDENTE
MG. RAUL PINTO BARRATCI
 Grado y nombre



SECRETARIO
Mg. Felisa Castro Salcedo
 Grado y nombre



VOCAL
MAESTRO - CARLOS VILLEGAS MORALES
 Grado y nombre

NOTA: En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

DEDICATORIA

La presente investigación fue inspirada básicamente en mi querido hijo Iker, ya que, él fue el principal motivo para culminar este objetivo.

A mis padres, en especial a ti, Adela, por tu apoyo constante e incondicional en cada etapa de mi vida.

A mi querida familia por aquellos sabios consejos que me enseñan a afrontar la vida con madurez y plenitud.

A los docentes, compañeros y a mis queridos amigos, por brindar los mejores consejos y compartir amplios conocimientos en el día a día de mi vida universitaria.

A todos ellos, infinitas gracias.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a las personas que contribuyeron con buenos consejos, críticas constructivas, apoyo moral e intelectual para solidificar la presente investigación.

Al Dr. César Acuña Peralta, fundador de la Universidad “CÉSAR VALLEJO”, eternamente agradecido por dar la oportunidad de realizar mis estudios de Licenciatura en su centro de estudios.

A mi asesor de tesis el Mg. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez, por su amplia experiencia científica y sus buenos consejos, de los cuales, permitieron que mi Tesis pueda concluirse de la mejor manera.

A mis padres Juvenal Chacón y Adela Quillay por formarme con sabiduría y su gran ejemplo de trabajo y superación, por su gran ayuda moral y económica, he logrado concluir con satisfacción uno de mis objetivos.

A todos ellos, infinitas gracias.

El Autor.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Michael Jhonatan Chacón Quillay, identificado con DNI N° 47093046 perteneciente a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo y como producto observable de Desarrollo de Proyecto de Investigación se ha desarrollado la Tesis “Estudio de la corrosión del concreto de mediana resistencia por efecto de los sulfatos utilizando cemento Quisqueya tipo I – Lima 2018”.

Declaro bajo juramento que:

1. La presente investigación es de mi autoría.
2. Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por lo tanto, la investigación está libre de plagio.
3. La investigación no ha sido publicada, ni presentada anteriormente como producto académico de otra materia.
4. Los datos presentados en la presente investigación son reales, no han sido duplicados, ni falseados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan constituyen aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (presentar falsamente las ideas de otros), asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 12 de diciembre de 2018.

CHACON QUILLAY, Michael Jhonatan
DNI N° 47093046

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

Pongo a su disposición la Tesis titulada “Estudio de la corrosión del concreto de mediana resistencia por efecto de los sulfatos utilizando cemento Quisqueya tipo I – Lima 2018”, en cumplimiento a las normas establecidas en la Guía de Productos Observables de la Universidad César Vallejo a realizar en la Experiencia Curricular de Desarrollo del Proyecto de Investigación.

En el capítulo I, se pudo conocer que el deterioro de estructuras de concreto mediante el ataque químico ha sido un tema de gran impacto a nivel mundial en el rubro de la construcción. La resistencia a la compresión del concreto ha sido considerada como una medida principal respecto a la durabilidad del concreto, pero también la permeabilidad y los ataques químicos influyen en su durabilidad. Así mismo, Rimarachin menciona que el ataque de cloruros y sulfatos producen deterioro en el concreto, expandiéndose interiormente ocasionando fisuras, esto trae como consecuencia la reducción de su resistencia mecánica, produciéndose pérdida de consistencia en la pasta cementante y la pérdida de adherencia entre los agregados y la pasta. Además, Meza nos indica que cuando se produce agrietamiento en el concreto, la filtración de agua contaminada accede en su interior, ocasionando que el proceso de deterioro sea acelerado. Por ello, se formuló la pregunta ¿Cuál será relación entre la corrosión del concreto y los efectos de los sulfatos? La investigación propone conocer el efecto del daño de las sales en el concreto mediante pruebas de resistencia a la compresión en muestras cilíndricas de concreto utilizando contenido de sulfatos solubles en diferentes muestras. De tal manera, se planteó la hipótesis de conocer la resistencia por compresión y el efecto del daño de las sales en el concreto mediante los ensayos de resistencia en muestras cilíndricas de concreto para un $f'c=210$ kg/cm², $f'c=245$ kg/cm² y $f'c=280$ kg/cm² con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit para un período de curado de 14, 21 y 28 días.

En el Capítulo II, método del proyecto, el tipo de investigación para este proyecto es aplicada, porque dará soluciones a un problema que ya ha sido identificado, tiene un planteamiento metodológico cuantitativo, puesto que se usará la recolección y análisis de datos, del cual será expresado en cifras numéricas y con ello podríamos dar respuesta a las hipótesis planteadas. La variable independiente es “ataque de sulfatos” y la variable

dependiente es “corrosión del concreto”, la muestra y población está representada por 108 probetas, como instrumento se utilizaron las fichas de recolección de datos, en la cual nos muestra las variables y su medición de estas a través de sus indicadores.

En el capítulo III, Resultados, se obtuvieron los resultados esperados con respecto a las propiedades físicas y mecánicas del concreto, se expuso las 108 muestras con una concentración de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50 000 mg/lt, para un período de inmersión de 14 días, 21 días y 28 días. Conociendo el deterioro de las muestras gracias al ensayo por pérdida de peso. Asimismo, se pudo comprobar la corrosión del concreto, en base a su resistencia, a comparación de la muestra patrón por cada dosificación ensayada, estas fueron cayendo decrecientemente según la cantidad de sulfato de magnesio y el tiempo de inmersión a las que fueron expuestas. Por el cual, se realizó gráficos, en las que se puede evidenciar el deterioro por peso y el crecimiento de corrosión por cantidades de sulfatos y tiempo de inmersión según las dosificaciones ensayadas.

En el capítulo IV, Conclusiones y Recomendaciones, se pudo conocer el nivel de corrosión en el concreto de mediana resistencia debido al efecto de los sulfatos, según los contenidos a las que fueron expuestas. Así mismo, se recomienda diseñar una buena mezcla de concreto para mitigar esta patología y de esta manera tener buenos resultados.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1.1. Realidad problemática.....	17
1.2. Trabajos previos.....	18
1.2.1. En el ámbito internacional.....	18
1.2.2. En el ámbito nacional.....	23
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	28
1.3.1. Ataque de sulfatos al concreto según R.N.E. E-060 de Concreto Armado...28	
1.3.2. Cemento Portland.....	29
A. Composición Química.....	30
B. Propiedades físicas y mecánicas.....	31
C. Cemento Quisqueya Tipo I.....	32
1.3.3. Normas.....	33
1.3.4. Agregado Fino.....	34
A. Análisis Granulométrico (NTP 400.012).....	34
B. Peso específico y porcentaje de absorción (NTP 400.021).....	35
C. Contenido de humedad (NTP 339.185).....	37
D. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino (NTP 400.017).....	37
1.3.5. Agregado Grueso.....	38
A. Análisis Granulométrico (NTP 400.012).....	38
B. Peso específico y porcentaje de absorción (NTP 400.21).....	39
C. Contenido de humedad (NTP 339.185).....	41
D. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso (NTP 400.017).....	41
1.3.6. Agua.....	42
1.3.7. Durabilidad del concreto.....	42
A. Vida Útil.....	42
B. Durabilidad.....	42
C. Requisitos de durabilidad.....	43
1.4. Formulación del problema.....	43
1.4.1. Problema General.....	44
1.4.2. Problemas específicos.....	44

1.5.	Justificación de la investigación	44
1.6.	Hipótesis de investigación	46
1.6.1.	Hipótesis General	46
1.6.2.	Hipótesis Específicos	46
1.7.	Objetivos de la investigación	47
1.7.1.	Objetivo General	47
1.7.2.	Objetivos específicos	47
CAPÍTULO II: MÉTODO		48
2.1.	Diseño de investigación.....	49
2.2.	Tipo de investigación.....	49
2.3.	Nivel de investigación.....	49
2.4.	Enfoque de la investigación	50
2.5.	Variables, Operacionalización.....	50
2.5.1.	Variable Independiente	50
2.5.2.	Variable dependiente	50
2.5.3.	Operacionalización.....	50
2.6.	Unidad de análisis, población y muestra.....	51
2.6.1.	Unidad de análisis	51
2.6.2.	Población	52
2.6.3.	Muestra.....	52
2.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	53
2.7.1.	Instrumentos	54
A.	Propiedades Físicas de los Materiales (NTP 339.047)	54
B.	Dosificación del concreto según ACI 211	54
C.	Probetas Normalizadas 4 x 8”	57
D.	Cálculo de peso por cada muestra	57
E.	Exposición a sulfatos	58
F.	Cálculo de peso por degradación.....	58
G.	Ensayo de rotura por compresión en muestras cilíndricas de concreto	58
H.	Comparación por resistencia de ensayos a la compresión.....	58
2.7.2.	Validez	59
2.7.3.	Confiabilidad.....	60
2.8.	Método de análisis de datos	60
2.9.	Aspectos éticos.....	60

CAPÍTULO III: RESULTADOS	61
3.1. Objetivo General	62
3.2. Descripción del lugar de estudio.....	63
3.2.1. Ubicación de lugar de estudio	63
3.2.2. Ubicación de la cantera	63
3.3. Estudio de los Agregados	64
3.3.1. Propiedades físicas del agregado fino	64
A. Análisis Granulométrico (NTP 400.012).....	64
B. Contenido de Humedad (NTP 339.185)	66
C. Peso específico y porcentaje de absorción (NTP 400.022)	67
D. Peso unitario suelto y peso unitario compactado (NTP 400.017).....	68
3.3.2. Propiedades Físicas del Agregado Grueso	69
A. Análisis Granulométrico (NTP 400.012).....	69
B. Contenido de Humedad (NTP 339.185)	71
C. Peso específico y porcentaje de absorción (NTP 400.022)	71
D. Peso unitario suelto y peso unitario compactado (NTP 400.017).....	72
3.4.3. Granulometría del Agregado Global	73
3.4.4. Sulfato de Magnesio (MgSO ₄)	75
3.4.5. Diseño de mezclas método del comité 211 del ACI.....	76
3.4. Ensayos de corrosión del concreto	91
3.5.1. Corrosión por Sulfato de Magnesio	92
3.5.2. Preparación de probetas de concreto 4x8”	92
3.5.3. Ensayo por Pérdida de Peso.....	93
3.5.4. Ensayo de Resistencia a la Compresión para 14, 21 y 28 días.....	94
3.5.5. Relación de Tablas y Gráficos por Perdida de Peso	94
3.5.6. Relación de Tablas y Gráficos por Esfuerzo a la Compresión	105
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....	123
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	126
5.1. CONCLUSIONES.....	127
5.2. RECOMENDACIONES	131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132
ANEXOS.....	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1: Requerimientos para Concreto Expuesto a Sulfatos.....	13
Tabla I-2: Componentes Principales del Cemento	15
Tabla I-3: Componentes Secundarios del Cemento	15
Tabla I-4: Requerimientos Físico - Mecánicos Obligatorios en el Cemento	16
Tabla I-5: Requerimientos Químicos Obligatorios en el Cemento	17
Tabla I-6: Especificaciones Técnicas del Cemento Quisqueya.....	18
Tabla I-7: Granulometría del Agregado Fino	20
Tabla I-8: Granulometría del Agregado Grueso.....	24
Tabla II-1: Cuadro de Operacionalización	36
Tabla II-2: Cantidad de ensayos por dosificación, contenido MgSO ₄ y período.....	38
Tabla II-3: Requerimientos de Agua y Slump según TMN.....	37
Tabla II-4: Factor de resistencia requerida	38
Tabla II-5: Relación de a/c para la Resistencia Requerida.....	38
Tabla II-6: Volumen de Agregado Grueso por Volumen de Concreto	38
Tabla II-7: Diseño Seco – Diseño en Obra - Laboratorio.....	39
Tabla II-8: Rangos y Magnitudes de Validez.....	41
Tabla II-9: Coeficiente de Validez por Juicio de Expertos	42
Tabla III-1: Granulometría del Agregado Fino	48
Tabla III-2: Granulometría del Agregado Fino según NTP 400.037	49
Tabla III-3: Propiedades Físicas del Agregado Fino	52
Tabla III-4: Granulometría del Agregado Grueso	53
Tabla III-5: Propiedades Físicas del Agregado Grueso.....	56
Tabla III-6: Granulometría del Agregado Global.....	57
Tabla III-7: Propiedades Físicas del Agregado Global	58
Tabla III-8: Propiedades Físicas de los Agregados	60
Tabla III-9: Resistencia Requerida	60
Tabla III-10: Cantidad de Agua según Asentamiento	60
Tabla III-11: Relación Agua y Cemento	61
Tabla III-12: Interpolación entre Resistencia y a/c	61
Tabla III-13: Diseño Seco para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	62
Tabla III-14: Diseño en Obra para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	63
Tabla III-15: Resumen para un Diseño de Mezclas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Slump 3” – 4”.....	64
Tabla III-15: Propiedades Físicas de los Agregados	64
Tabla III-17: Resistencia Requerida	65
Tabla III-18: Cantidad de Agua según Asentamiento	65
Tabla III-19: Relación Agua y Cemento	66
Tabla III-20: Interpolación entre Resistencia y a/c	66
Tabla III-21: Diseño Seco para un $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	67
Tabla III-22: Diseño en Obra para un $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$	68
Tabla III-23: Resumen para un Diseño de Mezclas $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, Slump 6”	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III-24: Propiedades Físicas de los Agregados	69
Tabla III-25: Resistencia Requerida	70
Tabla III-26: Cantidad de Agua según Asentamiento	70
Tabla III-27: Relación Agua y Cemento	71
Tabla III-28: Interpolación entre Resistencia y a/c	71
Tabla III-29: Diseño Seco para un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	72
Tabla III-30: Diseño en Obra para un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	73
Tabla III-31: Resumen para un Diseño de Mezclas $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, Slump 6"	74
Tabla III-32: Pérdida de Peso para un $a/c = 0.60$ a 14 días	77
Tabla III-33: Pérdida de Peso para un $a/c = 0.55$ a 14 días	78
Tabla III-34: Pérdida de Peso para un $a/c = 0.50$ a 14 días	78
Tabla III-35: Pérdida de Peso para un $a/c = 0.60$ a 21 días	79
Tabla III-36: Pérdida de Peso para un $a/c = 0.55$ a 21 días	79
Tabla III-37: Pérdida de Peso para un $a/c = 0.50$ a 21 días	80
Tabla III-38: Pérdida de Peso para un $a/c = 0.60$ a 28 días	80
Tabla III-39: Pérdida de Peso para un $a/c = 0.55$ a 28 días	81
Tabla III-40: Pérdida de Peso para un $a/c = 0.50$ a 28 días	81
Tabla III-41: Esfuerzo a la Compresión para una Relación $a/c = 0.60$ a 14 días	88
Tabla III-42: Esfuerzo a la Compresión para una Relación $a/c = 0.55$ a 14 días	89
Tabla III-43: Esfuerzo a la Compresión para una Relación $a/c = 0.50$ a 14 días	90
Tabla III-44: Esfuerzo a la Compresión para una Relación $a/c = 0.60$ a 21 días	91
Tabla III-45: Esfuerzo a la Compresión para una Relación $a/c = 0.55$ a 21 días	92
Tabla III-46: Esfuerzo a la Compresión para una Relación $a/c = 0.50$ a 21 días	93
Tabla III-47: Esfuerzo a la Compresión para una Relación $a/c = 0.60$ a 28 días	94
Tabla III-48: Esfuerzo a la Compresión para una Relación $a/c = 0.55$ a 28 días	95
Tabla III-49: Esfuerzo a la Compresión para una Relación $a/c = 0.50$ a 28 días	96
Tabla III-50: Variación porcentual por Corrosión en $a/c 0.60$ - 14 días	97
Tabla III-51: Variación porcentual por Corrosión en $a/c 0.55$ - 14 días	98
Tabla III-52: Variación porcentual por Corrosión en $a/c 0.50$ - 14 días	99
Tabla III-53: Variación porcentual por Corrosión en $a/c 0.60$ - 21 días	100
Tabla III-54: Variación porcentual por Corrosión en $a/c 0.55$ - 21 días	101
Tabla III-55: Variación porcentual por Corrosión en $a/c 0.50$ - 21 días	102
Tabla III-56: Variación porcentual por Corrosión en $a/c 0.60$ - 28 días	103
Tabla III-57: Variación porcentual por Corrosión en $a/c 0.55$ - 28 días	104
Tabla III-58: Variación porcentual por Corrosión en $a/c 0.50$ - 28 días	105

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica III-1: Curva Granulométrica del Agregado Fino	48
Gráfica III-2: Curva Granulométrica del Agregado Grueso.....	53
Gráfica III-3: Curva Granulométrica del Agregado Global	58
Gráfica III-4: Variación de peso por corrosión para un $a/c=0.60$	82
Gráfica III-5: Variación de peso por corrosión para un $a/c=0.55$	83
Gráfica III-6: Variación de peso por corrosión para un $a/c=0.50$	84
Gráfica III-7: Variación porcentual por deterioro para un $a/c=0.60$	85
Gráfica III-8: Variación porcentual por deterioro para un $a/c=0.55$	86
Gráfica III-9: Variación porcentual por deterioro para un $a/c=0.50$	87
Gráfica III-10: Variación Porcentual por Corrosión para un $a/c=0.60$ a 14 días.....	97
Gráfica III-11: Variación Porcentual por Corrosión para un $a/c=0.55$ a 14 días.....	98
Gráfica III-12: Variación Porcentual por Corrosión para un $a/c=0.50$ a 14 días.....	99
Gráfica III-13: Variación Porcentual por Corrosión para un $a/c=0.60$ a 21 días.....	100
Gráfica III-14: Variación Porcentual por Corrosión para un $a/c=0.55$ a 21 días.....	101
Gráfica III-15: Variación Porcentual por Corrosión para un $a/c=0.50$ a 21 días.....	102
Gráfica III-16: Variación Porcentual por Corrosión para un $a/c=0.60$ a 28 días.....	103
Gráfica III-17: Variación Porcentual por Corrosión para un $a/c=0.55$ a 28 días.....	104
Gráfica III-18: Variación Porcentual por Corrosión para un $a/c=0.50$ a 28 días.....	105

RESUMEN

El principal objetivo de la presente investigación es “Determinar la relación entre la corrosión del concreto y los ataques por sulfatos para una relación $a/c = 0.60, 0.55$ y 0.50 , con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit , 9500 mg/lit y $50\ 000 \text{ mg/lit}$ para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días. Esta investigación es de tipo aplicada con un planteamiento metodológico cuantitativo. El nivel de investigación es descriptivo, porque utilizará la relación causa y efecto en las variables a utilizar. Nuestra muestra es igual a la población y está compuesta por 108 probetas $4'' \times 8''$, entre ellos existen resistencias variadas y a su vez diferente cantidad de sulfatos en la etapa de curado, con el fin de conocer los niveles de corrosión en el concreto de mediana resistencia.

Se alcanzaron los objetivos planeados en el presente proyecto al exponer las probetas en diferentes cantidades de sulfatos, para un tiempo de inmersión de 14, 21 y 28 días. Se pudo observar que las muestras con relación $a/c = 0.60$ fueron deterioradas por los agentes químicos más rápido que las otras dos dosificaciones. Asimismo, esto se puede verificar en el esfuerzo a la compresión del material y visualizarlo en los gráficos realizados por ensayos de resistencia y por ensayos de pérdida de peso.

PALABRAS CLAVE:

Concreto, corrosión, químicos, sulfatos, inmersión, resistencia.

ABSTRACT

The main objective of the present investigation is "Determine the relationship between concrete corrosion and sulphate attacks for a ratio of $c / 0.60$, 0.55 and 0.50 , with a sulphate concentration of 1400 mg / l , 9500 mg / l and $50,000 \text{ mg / l}$ for an immersion period of 14, 21 and 28 days. This research is of the applied type with a quantitative methodological approach. The level of research is descriptive, because it will use the cause and effect relationship in the variables to be used. Our sample is equal to the population and is composed of 108 test pieces 4 "x8" , among them there are different resistances and in turn different amount of sulphates in the curing stage, in order to know the levels of corrosion in the concrete of medium resistance.

The objectives planned in this project were achieved by exposing the samples in different amounts of sulfates, for a time of immersion of 14, 21 and 28 days. It was observed that the samples with relation to $c = 0.60$ were deteriorated by the chemical agents faster than the other two dosages. Also, this can be verified in the effort to compress the material and visualize it in the graphs made by resistance tests and by weight loss tests.

KEYWORDS:

Concrete, corrosion, chemicals, sulfates, immersion, resistance.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El deterioro de estructuras de concreto mediante el ataque químico ha sido un tema de gran impacto a nivel mundial en el rubro de la construcción. La corrosión del concreto por ataques químicos se ha impuesto como uno de los mayores problemas en estructuras de ingeniería, ya que las sustancias químicas se extienden en diferentes medios provocando el deterioro progresivo en el concreto.

La resistencia a la compresión del concreto ha sido considerada como una medida principal respecto a la durabilidad del concreto, pero también la permeabilidad y los ataques químicos influyen en su durabilidad. La corrosión del concreto es frecuente en construcciones marítimas, en cimentaciones de edificaciones, puentes, túneles, etc. Esto se debe a que estas estructuras están en contacto con el suelo, aguas subterráneas y/o napa freática, que por su naturaleza contienen sustancias químicas agresivas biogénicas.

Rimarachin (2013, pág. 4) menciona lo siguiente:

[...] El ataque de cloruros y sulfatos producen deterioro en el concreto, expandiéndose interiormente ocasionando fisuras, esto trae como consecuencia la reducción de su resistencia mecánica, produciéndose pérdida de consistencia en la pasta cementante y la pérdida de adherencia entre los agregados y la pasta. La degradación inicia en las esquinas, formando una fisuración en el concreto y lo transforma en una condición fría y blanda. [...]

De acuerdo con Rimarachin, el concreto es sumamente vulnerable a los ataques químicos, esto trae como consecuencia la disminución constante de su resistencia, esto se debe, a que las sustancias químicas, ya sea, cloruro o sulfatos, se expande internamente en el concreto provocando desmigajar poco a poco al concreto hasta producir fisuras y grietas.

Meza (2003, pág. 51) menciona las consecuencias:

[...] Cuando se produce agrietamiento en el concreto, la filtración de agua contaminada accede en su interior, ocasionando que el proceso de deterioro sea acelerado. Algunas veces, la expansión del concreto causa serios problemas estructurales tales como desplazamientos de muros de un edificio, debido a un empuje horizontal de una losa en expansión [...]

Conforme a Meza, el deterioro del concreto permite que este sea fácilmente permeable, ya que en el caso del concreto que está en contacto con aguas subterráneas que pueden contener sustancias químicas biogénicas, estas sustancias penetran en el concreto

ocasionando degradación progresiva, afectando excesivamente la durabilidad del concreto a largo plazo.

Esta patología nos posibilita acceder a un ensayo definitivo de laboratorio en la que simule una situación real mediante el uso adecuado de los materiales de construcción, tomando como base y respaldo las normas técnicas peruanas. De tal manera se podrá observar experimentalmente el nivel de corrosión en cada etapa y tiempo de exposición de concreto por contenidos de sulfatos solubles. Por lo tanto, esta patología se analizará de forma detallada en el laboratorio de concreto, tomando en cuenta las normas técnicas peruanas, utilizando instrumentos y equipos debidamente calibrados en cada procedimiento de los ensayos de laboratorio a ejecutar. Del mismo modo, se podrá obtener resultados representativos del cual se analizará y se podrá concluir según el grado y el tiempo en la que será expuesta las muestras de concreto. Cuanto más se experimente este problema, se obtendrá los recursos necesarios para controlarlo.

En ese sentido, la presente investigación dará a conocer el mecanismo de corrosión por Sulfatos de Magnesio con un contenido de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50000 mg/lt, de acuerdo a los requisitos especificados en el Reglamento Nacional de Edificaciones (E-060). De tal manera que esta investigación difundirá la gran problemática en las obras de ingeniería, todo ello con la finalidad de que se construya con las normas establecidas, de tal manera poder mitigar el efecto corrosivo y alargar la vida útil de los elementos de concreto.

1.2. Trabajos previos

Con el propósito de obtener la información necesaria para las variables de investigación, se ha observado diversos proyectos, del cual destacaron los siguientes:

1.2.1. En el ámbito internacional

Luna Molina, Francisco (2017), en su tesis IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS DE PROTECCIÓN FRENTE A LA CORROSIÓN PARA EXTENDER LA VIDA UTIL DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO, tesis para optar el Grado de Doctor en la Universidad Granada de España, tiene como objetivo determinar la extensión de la vida útil de las estructuras de hormigón armado, por medio de la corrosión de aceros inoxidable y galvanizado.

En sus conclusiones manifiesta:

- El inicio de corrosión en la capa exterior de Zn puro se produce para contenidos de cloruros entre 0.6 y 1.5 % sobre el peso de cemento.
- Cuando se emplea cemento con escorias el ataque del recubrimiento es más acelerado para menores contenidos de cloruros. Contenidos en cloruros hasta un 50% menores que los encontrados en OPC llevan a ataques del recubrimiento más pronunciados.
- La adopción del estado límite de durabilidad de una estructura con armaduras del acero galvanizado como el momento en que se inicia la corrosión en el recubrimiento galvanizado o el momento en que dicho recubrimiento se destruye por completo da lugar a resultados de vidas útiles muy diferentes, lo que hace la adopción del estado límite un criterio muy influyente en la vida útil de estructuras que empleen este método de protección.
- El empleo del cemento con adiciones propuesto en la presente investigación da lugar a estructuras de hormigón con armaduras galvanizadas con vidas útiles superiores que las que se garantizarían cuando se emplea cemento Portland sin adiciones, para los estados límites de durabilidad y ambientes de exposición considerados en la presente tesis doctoral, siendo por tanto más preponderante el retardo en el transporte de cloruros que el consumo más acelerado del recubrimiento para un menor contenido de cloruros.
- El coste del ciclo de vida de las estructuras fabricadas con un hormigón con escorias y que embeben armaduras galvanizadas es, al menos, la mitad del coste del ciclo de vida de una estructura de hormigón reforzada con armaduras de acero convencional. Además, en el caso de que se asocie el estado límite de durabilidad de las estructuras que embeben armaduras galvanizadas con el descubrimiento del acero base, el coste del ciclo de vida puede llegar a ser más de 25 veces inferior. De esto se deduce que la construcción de estructuras de hormigón con armaduras galvanizadas puede justificarse desde el punto de vista económico si se considera el coste del ciclo de vida para un periodo de 100 años, aunque el coste de construcción inicial sea superior al de las estructuras de hormigón armado convencionales.

Fernández García, Susana (2016), en su tesis **CORROSIÓN DE ARMADURAS EN EL HORMIGÓN ARMADO EN AMBIENTE MARINO AÉREO**, tesis para optar el Grado de Doctor en la Universidad Politécnica de Madrid, tiene como objetivo analizar el comportamiento del hormigón situado en ambiente marino aéreo, comprobando la eficacia de los requisitos de dosificación y control de permeabilidad del hormigón.

En sus conclusiones manifiesta:

- Los resultados obtenidos en la investigación demuestran que el valor de Cs está influenciado por el tipo de ambiente marino, los datos son considerados dentro de un mismo puerto y en zonas diferentes de la misma estructura. Esto da como respuesta a muchos fenómenos locales.
- El lavado en superficie se presenta específicamente en ambiente IIIa, al tratarse de un concreto expuesto a agua de lluvia. Además, este efecto se produce por igual en concretos con alto y bajo contenido de cloruros en la superficie.
- Los resultados obtenidos en un ambiente sumergido indican la necesidad de plantear un nuevo valor de cloruros en superficie para el ambiente sumergido IIIb (0,35%), ya que da como resultado excesivamente conservador (0,72%).
- Se considera necesario incluir un nuevo valor de cloruros en superficie igual a 0,25% definiendo (de acuerdo con el criterio del FIB) una zona spray en la franja de la estructura que se ubica a una altura superior a 1.5m sobre el nivel freático marino.
- Los resultados experimentales (valores medios) analizados en este estudio tienen coherencia con los recogidos en la instrucción para el ambiente IIIa aéreo y el ambiente IIIC de carrera de mareas.

Simões Ventura, Gonçalo Filipe (2013) en su tesis **ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LOS EFECTOS DE LA CORROSIÓN DE LAS ARMADURAS EN VIGAS CONTINUAS DE HORMIGÓN ARMADO**, tesis para optar el Grado de Master en la Universidad Politécnica de Cataluña – España, tiene como objetivo estudiar las anomalías de corrosión en armaduras y de sus efectos en estructuras de concreto, así como de modelos teóricos por degradación.

El estudio refleja de manera experimental los efectos estructurales de corrosión sobre vigas de concreto armado, ya que en diversos ensayos ponen a prueba con diversas cargas con la finalidad de estudiar reacciones, esfuerzos y fisuras en el elemento estructural.

En sus conclusiones manifiesta:

- Se realizó 3 tipos de mezclas por cada viga, del cual se utilizó 150 litros de agua por mezcla y se observó la presencia de cloro, esto trajo como consecuencia la reducción del tiempo de trabajo.
- Las grandes dimensiones de las vigas impedían el vaciado de concreto interno en el laboratorio, por tanto, se hizo el vaciado en un ambiente amplio, de tal manera que se colocó las vigas de manera minuciosa apoyándolas correctamente para así no alterar el comportamiento deseable de la viga.
- Fue necesario garantizar el nivel de saturación para impulsar el efecto corrosivo en las estructuras de concreto, se tuvo la necesidad de proporcionar agua constantemente para que pueda adquirir el agua perdida.
- El uso de cargas sobre los elementos fue planteado correctamente, ya que en primer instante carecía de precisión por la posición de los mismos, por tanto, se utilizó células de carga que ayudaron a la correcta distribución en los elementos.
- Los resultados que se obtuvieron fue la pérdida de sección del acero, esto provoca la variación de deformaciones en el ensayo, también se observó el incremento de flechas, esto se debe a la pérdida de rigidez a consecuencia de la corrosión en las armaduras. Además, el efecto corrosivo provocó fisuras y grietas longitudinales en las vigas.

Garzón Pire, William (2013), en su tesis ESTUDIO DE LA DURABILIDAD AL ATAQUE DE SULFATOS DEL CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO, tesis para optar el Grado de Magister en Construcción en la Universidad Nacional de Colombia, tiene como objetivo determinar el crecimiento causado por ataques de sulfatos de magnesio a concreto con agregados reciclados, con el fin de compararlos simultáneamente con el comportamiento de concreto hecho a base de agregados naturales.

En sus conclusiones manifiesta:

- En el proceso se evidenció que los concretos con agregados reciclados presentan efectos de retracción más notables que los concretos hechos con agregados naturales, esto se debe a la mayor cantidad de cemento. Además, se pudo observar mayor uso de material cementante en el concreto hecho con agregados reciclados.
- La cantidad de agregados naturales por agregados reciclables afecta a la resistencia a la compresión de las muestras, esto se debe a la variación de la relación de agua/cemento.
- Para la relación de agua/cemento (a/c) de 0.48, curado a 28 días, se tiene por un lado a la mezcla hecha con agregados naturales y por otra a la mezcla hecha con agregados reciclados, en una comparación de las dos mezclas se obtiene que hubo una pérdida de 37% en la muestra que fue hecha con agregados reciclables.
- Por otro lado, con la relación de agua/cemento (a/c) de 0.58, curado a 28 días, la comparación de las mezclas con los dos tipos de agregados fue distinta, en el caso de los agregados reciclables fue hasta superior a la muestra con agregados naturales.
- Para las mezclas fueron expuestas a una solución de 5% de sulfato de magnesio, la resistencia creció al 9.5%, esto reafirma que los concretos reciclados con relación de a/c más altos presentan mejores comportamientos ante ataque de sulfatos.
- Se observó la adición de la ceniza volante en las muestras controla muy bien la expansión de sulfatos, además que es factor indispensable la relación a/c que se utilice.

Escobar Rojas, Armando (2013), en su tesis EFECTO DEL USO DE LA CENIZA VOLANTE EN EL PROCESO DE AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO POR CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO, tesis para optar por el Grado de Magíster en Ciencias con Orientación en Materiales de Construcción en la Universidad Autónoma de Nuevo León – México, tiene como objetivo analizar el efecto de la matriz cementante mediante el uso de la ceniza volante en el proceso de agrietamiento del recubrimiento del concreto por efecto de la corrosión del acero.

En sus conclusiones manifiesta:

- Al disminuir la relación a/c, el tiempo de curado se extenderá y al utilizar la ceniza volante, se solidificará la matriz de cemento, de tal manera se reflejará en el incremento de la resistencia del concreto. Además, el uso de la ceniza volante disminuye la porosidad abierta al agua y aumenta la presencia del ion cloro.
- En el concreto, al reemplazar el cemento por la ceniza volante, sus propiedades disminuirán ligeramente, pero, por otro lado, las propiedades físicas en el concreto mejorarán. Así mismo, al utilizar la ceniza volante causa la disminución de porosidad, del cual, logra incrementar la resistencia a la penetración de los iones cloro. Esto se debe al tiempo de curado que supera 28 días, provocando discontinuidad de la red porosa, esto reduce la velocidad de agentes externos.
- El porcentaje de degradación de acero que se necesita para deteriorar el recubrimiento del concreto, depende de las características físico - mecánicas del concreto.
- Gracias al apoyo del análisis estadístico se determinó que el uso de la ceniza volante causa la variación estadística significativa en la pérdida de volumen requerida para agrietar el recubrimiento. El factor no reacciona por sí solo, ya que dependerá de la relación agua/cemento (a/c) y del tiempo de curado.
- El uso de materiales cementantes que se utilizará permitirá la extensión del período de inicio de corrosión en el acero de refuerzo. Por otro lado, para mantener el sistema acero-concreto se realizará continuamente un seguimiento durante la etapa de expansión, ya que su microestructura está comprometida a deteriorarse con una menor cantidad de pérdida de masa.

1.2.2. En el ámbito nacional

Neyra Neyra, Jorge Manuel; Santos Espinoza, Rodrigo Sandro (2018), en su investigación ANÁLISIS COMPARATIVO DEL GRADO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LOS SULFATOS ENTRE CONCRETOS CONVENCIONALES Y UN CONCRETO IMPERMEABLE, tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil en la Universidad Católica de Santa María – Arequipa, tiene como objetivo definir el grado de

permeabilidad y resistencia a los sulfatos de un concreto convencionales y un concreto impermeable.

En sus conclusiones manifiesta:

- Se comprobó que la resistencia de las muestras concreto con uso de aditivos fue superior a la de los diseños sin aditivos.
- Se pudo comprobar que pese a los diseños sin aditivos tener mayor cantidad de cemento, esto no fue motivo para superar en resistencia al resto de diseño con aditivos.
- El ensayo en estado fresco se pudo diferenciar el grado trabajabilidad entre los diseños según el tipo de cemento, siendo la mezcla con cemento tipo HE un concreto más fácil de manipular y vaciar a sus respectivos moldes.
- El sulfato de magnesio de forma anhídrida se puede comprar de manera libre, sin embargo, dado de la cantidad que se requirió para realizar el ensayo de adquirió el sulfato de magnesio heptahidratado.
- En todos los diseños trabajados se ve que existe una diferencia significativa del porcentaje de porosidad con el diseño que no contiene aditivos, ya que este es mayor en un rango de 2-3% en cemento IP y HE y entre 2-4% en el cemento I al resto de diseños.
- La tasa de absorción o capilaridad varía en un rango de 0 a 1 mm para concretos son cementos IP y HE mientras que para el concreto I tiene un rango de 0 a 2 m.
- Se pudo comprobar que la manipulación de una solución de sulfato de magnesio heptahidratado no desprende gases tóxicos o sustancias peligrosas, solo expide un poco de olor. Pero no presenta mayor riesgo para la persona que trabaje con ella.

Granados Palmadera, Johnston Dirceu (2017), en su tesis GRADO DE PRESENCIA DEL SULFATO CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUARAZ, tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo – Huaraz, tiene como objetivo establecer la relación entre el grado de presencia del sulfato con la resistencia a la compresión.

En sus conclusiones manifiesta:

- Para un diseño de 210 kg/cm², se obtuvo una resistencia promedio de 243.13 kg/cm², del cual fue influenciado con 50% de sulfato durante un período de 30 días de exposición, dando como resultado una resistencia de compresión de 171.18 kg/cm², habiendo una diferencia de 71.95 kg/cm². Así mismo, para el mismo diseño influenció el 100% de sulfato para el mismo período de exposición donde se obtuvo como resultado promedio 155.65 kg/cm², haciendo una diferencia de 87.48 kg/cm².

De esta observación se concluye que el concreto de 210 kg/cm² influenciado al agente sulfato al 50% presenta una pérdida de resistencia porcentual de 34.27% mientras que el concreto que está influenciado al 100% arrojó una pérdida de resistencia porcentual de 41.66%.

- Para un diseño de 280 kg/cm², se obtuvo una resistencia promedio de 291.69 kg/cm², del cual fue influenciado con 50% de sulfato durante un período de 30 días de exposición, dando como resultado una resistencia de 256.29 kg/cm², habiendo una diferencia de 35.40 kg/cm². Así mismo, para el mismo diseño influenció el 100% de sulfato para el mismo período de exposición donde se obtuvo como resultado promedio 238.29 kg/cm², haciendo una diferencia de 53.40 kg/cm².

De esta observación se concluye que el concreto de 210 kg/cm² influenciado al agente sulfato al 50% presenta una pérdida de resistencia porcentual de 12.65% mientras que el concreto que está influenciado al 100% arrojó una pérdida de resistencia porcentual de 19.08%.

Pérez Angles, Andres (2017), en su tesina SOLUCIONES A LOS EFECTOS DE CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO, tesina realizada en la Universidad Católica de Santa María – Arequipa, tiene como objetivo determinar la solución más viable ante la corrosión en estructuras de concreto armado, según las condiciones en las que se presenta dicho fenómeno.

En sus conclusiones manifiesta:

- Se puede aclarar que la solución adecuada ante la corrosión en medios abrasivos son los diferentes métodos electroquímicos indicados en el

documento, pues tienen más ventajas que el método de inhibidores, por su mayor efectividad, control en el proceso y facilidad para su instalación.

- Existen varios factores que pueden potenciar el proceso de corrosión. En la presente investigación se ha analizado el efecto de variación de la relación con agua/cemento y espesor de recubrimiento. A mayor relación agua/cemento, mayor permeabilidad del hormigón, el cual a más proclive ante factores desencadenante de corrosión. A menor espesor de recubrimiento, la agresividad del medio circundante afectará más al hormigón.
- Se han analizado varios factores desencadenantes de la corrosión especialmente la carbonatación y la acción de iones de cloruro. Respecto a la carbonatación se estableció que en ambientes con altas concentraciones de CO₂ y con humedades bajas en el ambiente, se acelera el proceso de corrosión. Respecto a la acción de iones de cloruro, se presentan estos casos en ambientes salinos.
- En ambientes con altas concentraciones de CO₂, en que la humedad sea baja, se produce en el acero un proceso de corrosión que afecta homogéneamente su sección. En ambientes salinos, por otro lado, ante relaciones agua/cemento bajas y recubrimientos mínimos, la acción de los iones de cloruro pueden afectar al acero, principalmente de manera localizada, produciéndose una corrosión de tipo picadura, que afecta heterogéneamente la sección y favorece la concentración de esfuerzos triaxiales en las armaduras.

Moreno Vásquez, Antony Josef (2015), en su tesis IMPLEMENTACIÓN DEL METODO DE PRESIÓN PARA MEDIR LA PERMEABILIDAD EN EL CONCRETO, tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, tiene como objetivo medir el grado de permeabilidad y resistencia en el concreto.

En sus conclusiones manifiesta:

- Para concretos con relación agua-cemento 0.55 y 0.45, el coeficiente de permeabilidad comienza a hacerse constante a partir de los 49 días, por tanto,

la edad recomendada para determinar el coeficiente de permeabilidad es a los 56 días.

- Para concretos con relación agua-cemento 0.65, a los 49 días el coeficiente de permeabilidad aun no estabiliza, se continuó realizando medidas hasta los 112 días, sin encontrarse aun el punto donde el coeficiente de permeabilidad se estabiliza. El ensayo en estado fresco se pudo diferenciar el grado de trabajabilidad entre los diseños según el tipo de cemento, siendo la mezcla con cemento tipo HE un concreto más fácil de manipular y vaciar a sus respectivos moldes.
- La relación que existe entre el coeficiente de permeabilidad y la relación agua-cemento es directa y varía de forma exponencial.

Rimarachin Sánchez, Luis Hernando (2013), en su tesis **CORROSIÓN DEL MORTERO DE CEMENTO CON ARMADURA, POR ATAQUE DE CLORURO DE SODIO**, tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, tiene como objetivo mitigar la corrosión del mortero por efecto de cloruro de sodio.

En sus conclusiones manifiesta:

- El cloruro de sodio ataca al mortero en un proceso de humedecido y secado por la aglomeración de sales en los poros, luego se cristalizan y expanden, provocando la rotura de los poros, formando fisuras y superficies ásperas por pérdida del material.
- El acero de 3/8" ensayado, tiene una reducción de resistencia lo que significa que tiene picaduras por acción del cloruro de sodio, que se refleja en la pérdida de tracción en el orden del 28.0% con respecto al módulo de fluencia de la varilla y con respecto al módulo de fluencia normativo ($F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ corresponde el 24.3%).
- La pérdida de peso por destrucción de la probeta se inició en forma muy visible en el ciclo veinte cinco en todas las dosificaciones establecidas hasta el ciclo treinta y siete donde se aprecia notoriamente (0.58% - 0.95%).

- En todas las dosificaciones de cemento/arena ocurre un proceso de acumulación de sal y luego una pérdida de material de mortero hasta que se produce la fisura del espécimen.
- A mayor relación cemento/arena, se observa una mayor acumulación de sales, luego se produce la fisura del mortero a menos ciclos de ensayo.

1.3. Teorías relacionadas al tema

A continuación, se menciona determinados conceptos en la presente investigación, con la intención de entender claramente los procedimientos realizados en cada etapa del proyecto.

1.3.1. Ataque de sulfatos al concreto según R.N.E. E-060 de Concreto Armado

En el capítulo 03 de la norma E-060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se especifica los requerimientos de durabilidad del concreto expuesto a sulfatos, ya que, por su naturaleza, los sulfatos se encuentran en los suelos y aguas subterráneas, estas sustancias provocan filtraciones en el concreto, así mismo, es necesario conocer las características del concreto, de tal manera que se pueda mitigar el deterioro progresivo en el concreto expuesto a soluciones de sulfatos. La dosificación del concreto deberá contener una relación agua/cemento adecuada y un esfuerzo a la compresión mínimo, con el fin de desacelerar el deterioro del concreto. Los requerimientos para el concreto expuesto a sulfatos se reflejan en la *Tabla I-1*.

Tabla I-1: Requerimientos para Concreto Expuesto a Sulfatos

Exposición a los sulfatos	Sulfato Soluble en agua (SO ₄) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO ₄) en el agua, ppm	Tipo de cemento	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal	P _c mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero
Insignificante	$0,0 \leq SO_4 < 0,1$	$0 \leq SO_4 < 150$	-	-	-
Moderada	$0,1 \leq SO_4 < 0,2$	$150 \leq SO_4 < 1500$	II, IP (MS), IS (MS), P (MS), I (PM) (MS), I (SM) (MS)	0,50	28
Severa	$0,2 \leq SO_4 < 2,0$	$1500 \leq SO_4 < 10000$	V	0,45	31
Muy Severa	$2,0 < SO_4$	$10000 < SO_4$	Tipo V más puzolana	0,45	31

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E-060 (2009, p.38)

El concreto puede contener sulfatos de sodio, potasio, calcio o magnesio, esto ocurre por naturaleza en el suelo y el contenido de estas sustancias en aguas subterráneas y agregados. Existen dos reacciones químicas que están comprometidas en el ataque de sulfatos en el concreto. Estas reacciones manifiestan un incremento notorio en el volumen de sólidos, produciendo el crecimiento progresivo y la descomposición de los concretos expuestos a sulfatos.

1.3.2. Cemento Portland

Es un aglomerante hidráulico que cuando es mezclado con agregados pétreos, y agua, forma una masa resistente y duradera llamada concreto. El cemento, generalmente se usa en la construcción, siendo el principal elemento del concreto, ya que, el cemento depende directamente de la cantidad y calidad que se puede utilizar en un diseño de mezcla.

Existe diferentes tipos de cemento, cada tipo tiene diferente uso. Los tipos de cemento son:

- **Cemento Portland Tipo I**, es el que se utiliza generalmente, del cual no requiera características especiales, ya sea el caso de ataques químicos agresivos que existe en suelos compuestos o aguas subterráneas.
- **Cemento Portland Tipo II**, tiene mediana resistencia a exposición de sulfatos y modica resistencia de calor de hidratación. Generalmente se emplea en estructuras ubicados en ambientes de características agresivas como, por ejemplo: estructuras de drenaje, en las que existen altas concentraciones solubles de sulfatos y ácido sulfúrico.
- **Cemento Portland Tipo III**, acelera su resistencia inicial, obteniendo una alta resistencia en aproximadamente siete días, generalmente se usa en climas fríos o casos en que se necesita colocar rápidamente el servicio de una estructura.
- **Cemento Portland Tipo IV**, se utiliza en situaciones en las que se requiere bajo calor de hidratación, generalmente es usado para estructuras de grandes dimensiones, de tal forma se utiliza para minimizar los agrietamientos en la estructura provocadas por el gran volumen de calor de hidratación.
- **Cemento Portland Tipo V**, es altamente resistente a sulfatos, se utiliza en ambientes excesivamente agresivos, ya sea el caso de suelos compuestos y napa freática que contenga un contenido elevado de sulfatos.

“El cemento portland, básicamente se obtiene al pulverizar el Clinker y adicionando sulfato de calcio. Solo se admite la adición de otros productos, siempre y cuando no supere el 1% del peso total y que la normativa correspondiente pueda respaldar su inclusión, de esta manera, no pueda afectar las propiedades del cemento. Los productos que se agregará, deberán ser pulverizados simultáneamente con el Clinker” (Rivva, 2000, p.43)

A. Composición Química

Los principales compuestos que constituyan el 95% del cemento, se especifica en la *Tabla I-2*:

Tabla I-2: Componentes Principales del Cemento

Cal (CaO)	Constituye 61% a 67% del cemento. Sirve para controlar los tiempos de fraguado.
Sílice (SiO ₂)	Constituye 17% a 25% en el cemento. Es resistente e insoluble en agua.
Alúmina (Al ₂ O ₃)	Constituye 4% al 8% en el cemento. Un alto contenido de alúmina y bajo de sílice, produce un cemento de fraguado rápido y también de alta resistencia.
Óxido Férrico (Fe ₂ O ₃)	Constituye 0.5% a 5% y actúa en la misma forma que la alúmina

Fuente: ASOCEM

Los compuestos secundarios del cemento se especifican en la *Tabla I-3*:

Tabla I-3: Componentes Secundarios del Cemento

Pérdida por ignición	Disminución de peso de una muestra de concreto que fue calentada al rojo vivo (900 °C a 1000 °C) hasta tener un peso constante. 3% como máximo.
Residuo insoluble	Nos muestra parte arcillosa que no es soluble
Anhidrido Sulfúrico	El contenido del anhídrido sulfúrico permite realizar el cálculo del valor de calcio presente en el cemento, así como la cal combinada y también el contenido de azufre limitándose al 2.5% o 3%.

Fuente: ASOCEM

B. Propiedades físicas y mecánicas

Las propiedades físico - mecánicas deberán cumplir los requisitos obligatorios establecidos en la Norma Técnica Peruana (NTP 334.009), especificados en la *Tabla I-4*:

Tabla I-4: Requerimientos Físico - Mecánicos Obligatorios en el Cemento

Requisitos	Tipo					
	I	II	V	MS	IP	IC _o
Resistencia a la compresión: min Kg/cm ²						
3 días	120	100	80	100	130	130
7 días	190	170	150	170	200	200
28 días	280	280	210	280	250	250
Tiempo de fraguado: min						
Inicial (mínimo)	45	45	45	45	45	45
Final (mínimo)	375	375	375	420	420	420
Expansión en Autoclave % Máximo	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Resistencia a los Sulfatos % Máximo de expansión	-	-	0.04 14 días	0.10 6 meses	0.10 6 meses	-
Calor de Hidratación: Max. KJ/Kg						
7 días	-	290	-	-	290	-
28 días	-	-	-	-	330	-

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 334.009)

Las propiedades químicas del cemento a utilizar, deberán cumplir los requerimientos establecidos en la Norma Técnica Peruana (NTP 334.009), especificados en la *Tabla I-5*:

Tabla I-5: Requerimientos Químicos Obligatorios en el Cemento

Requisitos	Tipo					
	I	II	V	MS	IP	IC _o
Óxido de Magnesio (MgO), máx, %	6.0	6.0	6.0	-	6.0	6.0
Trióxido de Azufre (SO ₃), máx, %	45	45	45	45	45	45
Pérdida por ignición, máx, %	3.0	3.0	3.0	-	5.0	8.0
Residuo Insoluble, máx, %	0.75	0.75	0.75	-	-	-
Aluminato tricálcico (C ₃ A), máx, %	-	8	5	-	-	-
Álcalis equivalentes (Na ₂ O + 0.658K ₂ O), máx, %	0.6	0.6	0.6	-	-	-

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 334.009)

C. Cemento Quisqueya Tipo I

El cemento a utilizar en el presente proyecto es el cemento tipo I de la marca Quisqueya, el cual deberá cumplir las características especificadas en la norma técnica peruana (NTP 334.009). Además, el Cemento Portland Quisqueya Tipo I garantiza su producto por medio de su planta de fabricación que cuenta con certificación de calidad ISO 9001 por ICONTEC, con el fin de conseguir altos estándares de calidad que se requieren en la industria peruana.

Se pudo corroborar en las especificaciones técnicas que el cemento Quisqueya puede llegar a proporcionar una mayor resistencia a la compresión a mayor edad, reportando ensayos de morteros que a 90 días superan los 480 kg/cm².

Las especificaciones técnicas del cemento Quisqueya se especificará en la *Tabla I-6*.

Tabla I-6: Especificaciones Técnicas del Cemento Quisqueya

Especificaciones Técnicas							
Análisis Químicos				Módulos			
SiO ₂	20.07%	MgO	1.13%	C ₃ S	60.40%	S/R	2.30%
Al ₂ O ₃	5.42%	SO ₃	3.07%	C ₃ A	10.30%	A/F	1.64%
Fe ₂ O ₃	3.30%	Na ₂ O	0.23%	C ₄ AF	10.30%		
CaO	64.63%			C ₂ S	12.00%		
Ensayos Físicos							
Finezas				Fraguados			
Tamiz 325		85.7% Pas		Consist. Normal		25.70%	
Blaine		4,267 cm ² /gr.		Falso Fraguado		62%	
				Gilmore Inicial		142 Mins.	
				Gilmore Final		177 Mins.	
				Vicat Inicial		110 Mins.	
				Vicat Final		147 Mins.	
Resistencia a la Compresión				Ensayos varios			
1 día		1,740 Lb/pulg ²		Exp. Autoclave		0.08%	
3 días		3,247 Lb/pulg ²		Aire en Mortero		8.90%	
7 días		4,533 Lb/pulg ²		Flujo de Agua		48.50%	
28 días		5,560 Lb/pulg ²					
Clasificación: Tipo		I		NTP		334.090	
Identificación N°		01-Nov		ASTM		C - 150	

Fuente: CEMEX

1.3.3. Normas

- Cementos. Definiciones y Nomenclatura NTP 334.009
- ASTM C150 Especificación Normalizada para Cemento Portland
- Definiciones y términos correspondientes al concreto y agregados (NTP 339.047)
- Agua para la mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland (NTP 339.088)
- Ensayo normalizado para determinar densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados. NTP 400.017
- Ensayo normalizado para determinar la resistencia del concreto por rotura a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. NTP 339.034.2015
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-060, Capítulo 03: Requisitos de durabilidad del concreto expuesto a sulfatos (RNE, 2009).

- Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto. Diseño de mezclas de concreto. (ACI 211, 2002).
- Práctica estandarizada para producir y curar probetas de concreto (ASTM C31)
- Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318, 2005)
- Predicción de vida útil y durabilidad del concreto (ACI 365, 2000)

1.3.4. Agregado Fino

“[...] Es el agregado que proviene de la descomposición natural o artificial, que pasa el tamiz (3/8”) y se retiene en el tamiz (Nº 200) [...]” Norma Técnica Peruana 400.037 (2013, p. 6)

A. Análisis Granulométrico (NTP 400.012)

- El agregado fino no deberá tener más del 45% entre dos mallas que sean consecutivas.
- “[...] Se podrá permitir el uso de agregados que no cumplan las gradaciones establecidas según la normativa, siempre y cuando existan estudios que ayuden que el material produzca un concreto de la resistencia requerida [...]” Norma Técnica Peruana 400.037 (2013, p. 8)
- “[...] En una cantera determinada el módulo de fineza base no debe variar más de 0.20, siendo este el valor típico de la cantera. La aprobación de un cambio en el módulo de fineza deberá ser a satisfacción de las partes [...]” Norma Técnica Peruana 400.037 (2013, p. 8)

Se recomiendan los siguientes límites para el agregado fino especificado en la *Tabla I-7*:

Tabla I-7: Granulometría del Agregado Fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (N° 4)	95 a 100
2,36 mm (N° 8)	80 a 100
1,18 mm (N° 16)	50 a 85
600 μm (N° 30)	25 a 60
300 μm (N° 50)	05 a 30
150 μm (N° 100)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037

“[...]El módulo de finura en el agregado no deberá exceder el 0.2 del valor admitido en la selección de las distribuciones del concreto. Además, el agregado fino no deberá estar contaminado con impurezas orgánicas [...]” Norma Técnica Peruana 400.037 (2013, p. 9)

B. Peso específico y porcentaje de absorción (NTP 400.021)

a) Peso específico

“[...] Para este ensayo se calcula el volumen ocupado por el material en diversas mezclas de concreto. En ese sentido, es la relación de la densidad de una muestra y la densidad del agua a una temperatura establecida; los valores que se obtendrán en el ensayo son adimensionales [...]” Norma Técnica Peruana 400.022 (2013, p.6)

Peso específico es la relación entre la masa del material y el volumen conocido, esto incluye a los poros naturales del material. Se determina con la siguiente ecuación.

- **Peso específico nominal**

$$Dn = \frac{P}{(P - Pi)}$$

P= Peso en gramos del material en estado seco

Ps= Peso en gramos del material humedecido interiormente y secado de manera superficial

Pi= Peso en gramos de la muestra sumergida en agua

- **Peso específico aparente**

$$Da = \frac{P}{(Ps - Pi)}$$

P = Peso en gramos del material en estado seco

Ps= Peso en gramos del material humedecido interiormente y secado de manera superficial

Pi= Peso en gramos del material sumergido en agua

- **Peso específico saturado superficialmente seco**

$$D_{SSS} = \frac{Ps}{(Ps - Pi)}$$

P = Peso en gramos del material en estado seco

Ps= Peso en gramos del material humedecido interiormente y secado de manera superficial

Pi= Peso en gramos del material sumergido en agua

b) Porcentaje de absorción

“[...] El porcentaje de absorción de un material es el aumento de peso, esto se debe a que el agua penetra en las partículas del material ingresando por la porosidad existente, durante un tiempo establecido, pero esto no implica al agua que se adiciona en la superficie externa de las partículas, esto se refleja como porcentaje de masa seca [...]” Norma Técnica Peruana 400.022 (2013, p.5)

$$\% \text{ Absorción} = \frac{100(500 - P)}{P}$$

P= Peso en gramos del material secada al horno

C. Contenido de humedad (NTP 339.185)

Este ensayo mide la humedad de la muestra con mayor confiabilidad, utilizando un horno ventilado con temperatura controlada a 110 ± 5 °C a 24 horas de exposición. De esta manera, se tomará de dato el peso húmedo del material y luego será expuesto en un horno normado y calibrado durante 24 horas, del cual se podrá tomar como dato el peso seco, así se podrá calcular el porcentaje de humedad del material con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(H - S)}{S} * 100$$

H= Peso del material húmedo natural

S= Peso del material seco

D. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino (NTP 400.017)

Esta norma se aplica a los agregados para determinar su densidad de masa y vacíos. A continuación, se muestra el procedimiento a seguir:

a) Peso Unitario Suelto del material (P.U.S.)

Para calcular el peso unitario suelto se trabaja en relación de la masa y volumen, dejando caer el agregado libremente desde una altura de 5 centímetros de altura aproximadamente hacia el molde de volumen ya conocido, para hallar el peso unitario suelto se utilizará la siguiente ecuación:

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso suelto del material}}{\text{Vol del molde}}$$

b) Peso Unitario Compactado (P.U.C.)

Para calcular el peso unitario compactado se trabaja en relación de la masa compactada y el volumen, del cual se dividirá el recipiente en 3 capas y se utilizará una varilla para compactar con 25 golpes por capa hasta llenar al ras del molde o recipiente, se aplicará la siguiente ecuación para el cálculo del peso unitario compactado del material:

$$P.U.C. = \frac{\text{Peso compactado del material}}{\text{Vol del molde}}$$

1.3.5. Agregado Grueso

Se define como agregado grueso al material que se retiene en el tamiz N°4, el agregado grueso consiste de grava, piedra chancada y concreto reciclado. El agregado utilizado para el concreto también es conocido como áridos.

“[...] El agregado grueso está constituido por partículas limpias, preferentemente partículas de perfil angular o semiangular, duras, compactadas, resistentes, y de textura rugosas. El agregado grueso estará químicamente estable y no será contaminado con material orgánico u otras sustancias dañinas [...]” Meza (2003, p. 20)

A. Análisis Granulométrico (NTP 400.012)

“[...] La granulometría deberá ser continua, ya que, permitirá alcanzar la máxima densidad del concreto. La granulometría en el agregado grueso no tendrá más del 5% de partículas retenidas en la malla de 1 1/2” y no más del 6% del material que pasa la malla de 1/4” [...]” Rivva (2000, p.183)

La cantidad de la muestra de ensayo en el agregado grueso está conformada bajo el respaldo de la normativa peruana, expresada en el Cuadro N°08:

Tabla I-8: Granulometría del Agregado Grueso

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo Kg (Lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: NTP 400.012

B. Peso específico y porcentaje de absorción (NTP 400.21)

a. Peso específico

“[...] Para este ensayo se calcula el volumen ocupado por el material en diversas mezclas de concreto. En ese sentido, es la relación de la densidad de una muestra y la densidad del agua a una temperatura establecida; los valores que se obtendrán en el ensayo son adimensionales [...]” Norma Técnica Peruana 400.022 (2013, p.6)

Peso específico en relación a la masa del agregado y el volumen unitario total. En el caso del agregado grueso se utilizará 5000 gramos de material extraído, del cual se procederá al cuarteo y se utilizará una muestra para el ensayo.

- Peso específico nominal

$$D_n = \frac{P}{(P - P_i)}$$

P= Peso seco en gramos del material

Ps= Peso en gramos del material saturado interiormente y seco superficialmente

Pi= Peso en gramos del material sumergido en agua

- Peso específico aparente

$$Da = \frac{P}{(Ps - Pi)}$$

P= Peso en gramos del material en estado seco

Ps= Peso en gramos del material humedecido interiormente y secado de manera superficial

Pi= Peso en gramos del material sumergido en agua

- Peso específico saturado superficialmente seco

$$Dsss = \frac{Ps}{(Ps - Pi)}$$

P = Peso seco en gramos del material

Ps= Peso en gramos del material saturado interiormente y superficialmente seco

Pi= Peso en gramos del material sumergido en agua

b. Porcentaje de absorción

“[...] El porcentaje de absorción de un material es el aumento de peso, esto se debe a que el agua penetra en las partículas del material ingresando por la porosidad existente, durante un tiempo establecido, pero esto no implica al agua que se adiciona en la superficie externa de las partículas, esto se refleja como porcentaje de masa seca [...]” Norma Técnica Peruana 400.022 (2013, p.5)

$$\% \text{ Absorción} = 100 \frac{(Ps - P)}{P}$$

Ps= Peso del material saturado con superficie seca

P = Peso seco del material

C. Contenido de humedad (NTP 339.185)

Este ensayo mide la humedad de la muestra con mayor confiabilidad, utilizando un horno ventilado con temperatura controlada a 110 ± 5 °C a 24 horas de exposición. De esta manera, se tomará de dato el peso húmedo del material y luego será expuesto en un horno normado y calibrado durante 24 horas, del cual se podrá tomar como dato el peso seco, así se podrá calcular el porcentaje de humedad del material con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(H - S)}{S} * 100$$

H= Peso del material húmedo natural

S= Peso seco del material

D. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso (NTP 400.017)

Esta norma se aplica a los agregados para determinar su densidad de masa y vacíos. A continuación, se muestra el procedimiento a seguir:

a) Peso Unitario Suelto (P.U.S.)

Para calcular el peso unitario suelto se trabaja en relación de la masa y volumen, dejando caer el agregado libremente desde una altura de 5 centímetros de altura aproximadamente hacia el molde de volumen ya conocido, para hallar el peso unitario suelto se utilizará la siguiente ecuación:

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso suelto del material}}{\text{Vol del molde}}$$

b) Peso Unitario Compactado (P.U.C.)

Para calcular el peso unitario compactado se trabaja en relación de la masa compactada y el volumen, del cual se dividirá el recipiente en 3 capas y se utilizará una varilla para compactar con 25 golpes por capa hasta llenar al ras del molde o recipiente, se aplicará la siguiente ecuación para el cálculo del peso unitario compactado del material:

$$P.U.C. = \frac{\text{Peso compactado del material}}{\text{Vol del molde}}$$

1.3.6. Agua

“[...] Este método indica las características de composición para el agua de mezcla, la normativa peruana, determina los requisitos y las fuentes de ensayo para la aprobación de los puntos de agua probables a utilizar [...]” Norma Técnica Peruana 339.088 (2013, p.3)

Se considera conveniente para la preparación y curado de muestras de concreto el uso de aquellas aguas que cumplan las características especificadas en la normativa correspondiente

- La materia orgánica aceptada será de 3ppm. La cual se refleja como oxígeno consumido.
- El pH comprenderá entre los 5.5 y 8.0.
- El contenido de Sulfatos será menor de 600 ppm
- La variación de color en el agua es un requisito que se debe controlar, esto se debe al contenido del ion férrico que será de 1 ppm.

1.3.7. Durabilidad del concreto

A. Vida Útil

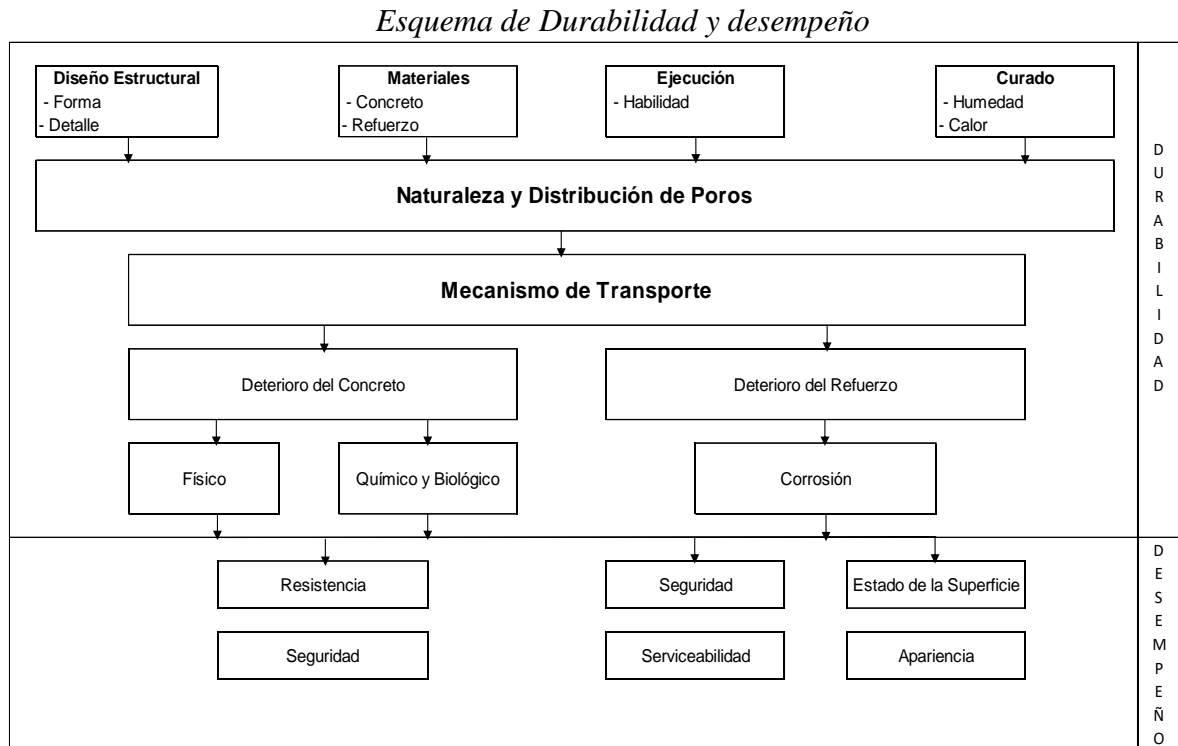
“[...] La vida útil en una estructura es el tiempo proyectado, a partir de la fecha de su ejecución, durante ese periodo solicitará una conservación, esto con el fin de no implicar las operaciones de reestructuración. La vida de servicio técnico es el tiempo en servicio hasta que se alcanza un estado definido inaceptable, como por ejemplo desprendimiento de concreto [...]” ACI 365.1R-00 (2000, p.2)

B. Durabilidad

La durabilidad en el concreto es la capacidad de resistir las características físicas y químicas a las que estará expuesto durante su vida útil a la que fue proyectada, los efectos naturales a los que está expuesto podría causar degradación y deterioro en el concreto.

“[...] La durabilidad es la posibilidad de sostener la utilidad del servicio de un producto, elemento, ensamblaje o construcción sobre un tiempo conocido. La utilidad por servicio se considera como la capacidad de lo anterior para realizar las funciones del cual está diseñado y construido [...]” ACI 365.1R-00 (2000, p.2)

Según el ACI 365.1R-00, la normativa de durabilidad ha evolucionado, se verá la relación de durabilidad y desempeño en el Esquema N° 01.



Fuente: ACI 365.1R-00 (2000, p.4)

C. Requisitos de durabilidad

“[...] La durabilidad en el concreto es afectada por su resistencia a la penetración de los fluidos. Esto sucede básicamente por la relación agua/cemento y la composición de los materiales que serán utilizados en la mezcla de concreto. El uso de componentes adicionales, como, por ejemplo, el uso de la ceniza volante, aumenta la resistencia a la penetración de fluidos y su durabilidad incrementa [...]” ACI 318-14 (2014, p. 335)

1.4. Formulación del problema

Estos últimos años la corrosión del concreto por efectos de sulfatos ha causado gran impacto en el distrito de Carabayllo, esto ha causado deterioros en los elementos estructurales desde las cimentaciones hasta columnas y muros confinados, esto se debe a que no se evaluó la composición química en los suelos. Por tanto, esto trae como consecuencia el deterioro de estructuras de concreto.

Los problemas que se identificaron para el presente proyecto, se formularon de la siguiente manera.

1.4.1. Problema General

- ¿Cuál será relación entre la corrosión del concreto y los efectos de los sulfatos?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la relación de resistencia, entre la corrosión del concreto y los efectos del sulfato para un $a/c = 0.60$ con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días?
- ¿Cuál será la relación de resistencia, entre la corrosión del concreto y los efectos del sulfato para un $a/c = 0.55$ con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días?
- ¿Cuál será la relación de resistencia, entre la corrosión del concreto y los efectos del sulfato para un $a/c = 0.50$ con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días?

1.5. Justificación de la investigación

El presente proyecto se desarrollará en base a información correcta y verás, tomando en cuenta los procedimientos según las normas técnicas peruanas, de tal manera, se obtendrán datos que se utilizará como orientación para el desarrollo del presente proyecto, con el fin de cumplir las características físico - mecánicas que indica la norma y con finalidad de encontrar soluciones y poder mitigar las patologías en el concreto a causa de ataques químicos por sulfatos.

(i) Conveniencia: La propuesta ayudará a mitigar los ataques por sulfatos en el concreto, específicamente a los pobladores de la zona agrícola de Carabaylo, ya que en este distrito podemos encontrar un suelo con diversos componentes químicos. A consecuencia

de esto las estructuras de concreto serán perjudicadas, del cual traerá problemas graves a elementos estructurales. Por tanto, la presente investigación se realizó con el objetivo de comprobar experimentalmente los grados y niveles de ataques de sulfatos en probetas de concreto, del cual se obtendrán resultados y así encontrar soluciones para retardar y mitigar la expansión de sulfatos en el concreto.

(ii) Relevancia Social: La presente investigación obtendrá información de manera experimental, de tal manera que se definirá parámetros de los niveles del daño del concreto por ataque de sulfatos. Por consiguiente, se conocerá y definirá el nivel de corrosión por cantidad de sulfatos, los beneficiados de esta propuesta somos todos los ciudadanos, ya que se pretende investigar alternativas que de alguna manera retardará la expansión interna de sulfatos en el concreto.

(iii) Justificación Económica: Conocer los niveles de corrosión ayudará a encontrar soluciones que disminuirá o retardará la expansión interna de sulfatos en el concreto. Estas soluciones traerían un gran ahorro que ya está derivado a la reparación o demolición y reconstrucción de elementos estructurales corroídos por ataque de sulfatos.

(iv) Aporte Teórico: Diseñar el concreto tomando en cuenta las normas técnicas peruanas, verificando los agregados a utilizar mediante ensayos químicos, ya que en algunos agregados por su naturaleza contienen sulfatos, como por ejemplo, la piritita y la pirrotina, Así mismo, verificar el uso del agua mediante ensayos químicos, ya que podrían contener sustancias que afectaría la durabilidad del concreto, conforme a Cerna y Galicia los sulfatos pueden estar presentes en aguas subterráneas, mediante un proceso químico natural se expone como ácido sulfúrico. (2010, p.86)

(v) Aporte Práctico: La presente investigación evalúa de manera experimental, los ataques de sulfatos en el concreto, de tal manera que se conocerá a través de probetas de concreto, el nivel de corrosión por el contenido de sulfatos especificado en medidas exactas de mg por litro de agua (mg/l), del cual se podrá encontrar soluciones para mitigar esta patología.

(vi) Aporte Metodológico: Se optó por realizar la presente investigación del cual se encontrará soluciones experimentales para mitigar esta patología, durante la ejecución y después de la construcción; de esta manera, se realizará procedimientos normalizados

especificados en la norma técnica peruana, estos procedimientos realizados serán verificados por los expertos del tema y el asesor, para ser evaluada mediante la veracidad y confiabilidad del experimento.

Los ataques por sulfatos, se ha convertido en una dificultad progresiva frente a la durabilidad del concreto, ya que a consecuencia de la resistencia a la compresión disminuye, por tanto se optó por realizar la presente investigación del cual se encontrará soluciones experimentales para mitigar esta patología, durante la ejecución y después de la construcción; de esta manera, el estudio de la corrosión del concreto por ataque de sulfatos en el distrito de Carabayllo, será un tema atractivo e innovador.

1.6. Hipótesis de investigación

1.6.1. Hipótesis General

- Conocer el efecto del daño de las sales en el concreto mediante pruebas de resistencia a la compresión en muestras cilíndricas de concreto utilizando contenidos de sulfatos solubles en diferentes muestras.

1.6.2. Hipótesis Específicos

- Conocer la resistencia por compresión y el efecto del daño de las sales en el concreto mediante los ensayos de resistencia en muestras cilíndricas de concreto para una relación $a/c = 0.60$ con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit y para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.
- Conocer la resistencia por compresión y el efecto del daño de las sales en el concreto mediante los ensayos de resistencia en muestras cilíndricas de concreto para una relación $a/c = 0.55$ con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.
- Conocer la resistencia por compresión y el efecto del daño de las sales en el concreto mediante los ensayos de resistencia en muestras cilíndricas de concreto para una relación $a/c = 0.50$ con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.

1.7. Objetivos de la investigación

1.7.1. Objetivo General

- Determinar la relación entre la corrosión del concreto y los ataques por sulfatos, para una resistencia de $a/c=0.60$, $a/c=0.55$ y $a/c=0.50$, con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.

1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar la relación de resistencia, entre la corrosión del concreto y los efectos del sulfato para una $a/c=0.60$, con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.
- Determinar la relación de resistencia, entre la corrosión del concreto y los efectos del sulfato para una $a/c=0.55$, con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.
- Determinar la relación de resistencia, entre la corrosión del concreto y los efectos del sulfato para una $a/c=0.50$, con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.

CAPÍTULO II: MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

El diseño de investigación según Hernández (2003), detalla que es la parte elemental de toda búsqueda, dado que permite la orientación y seguimientos del estudio a través de estrategias que aprueban resultados específicos en los cambios producidos.

Por ello, esta investigación posee diseño experimental, ya que se manipularán el comportamiento de las variables dependiente e independiente a fin de obtener cifras o valores a través del estudio utilizando el método cuantitativo que permite la recolección y análisis de datos reflejado en cifras numéricas

2.2. Tipo de investigación

Para Murillo (2008), la investigación aplicada también denominada “investigación práctica o empírica”, ya que se caracteriza por el uso de conocimientos previos, y a la vez adquirir otros, después de la aplicación en la práctica que da como resultado conocer la realidad de la investigación.

Es por ello, que en dicho proyecto se utilizará el método de investigación aplicada, ya que proporcionará soluciones al problema ya identificado.

2.3. Nivel de investigación

El alcance de esta investigación es basado en lo descriptivo y explicativo, ya que no solo persigue describir o acercarse al problema, sino que tiene como finalidad encontrar las causas del mismo.

De tal manera Baptista (2008), señala que la investigación descriptiva es aquella que recolecta datos de diversos aspectos tal como son y cómo se manifiestan durante el desarrollo utilizando la observación como método para llegar a resultados específicos. Esta ofrece una posibilidad sencillamente predictiva.

Así mismo podemos mencionar que esta investigación también es desarrollada de manera explicativa ya que tiene como objetivo explicar los fenómenos que intervienen durante el desarrollo y como responde a las reacciones químicas del concreto por efecto del sulfato de magnesio.

2.4. Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es el camino que lleva alcanzar resultados validos que responden a los objetivos anteriormente planteados. Así mismo, la perspectiva cuantitativa y la recolección de datos equivale a la medición de variables ya fijadas centrándose en lo específico y guiada de hechos anteriores.

Namakforoosh (2005) explica que durante el estudio el instrumento de recolección de datos es primordial por lo que debe ser correcto, fácil y eficiente. Este instrumento debe manifestar validez (grado real de los ensayos), confiabilidad (veracidad y puntualidad en los procedimientos) y factibilidad (factores que determinan la realización).

Es por ello que la presente investigación es de enfoque cuantitativo ya que se basa en recolectar datos específicos, centrada en estudios anteriores con validez de los ensayos, exactitud de los procedimientos y factibilidad que posibilitan su realización.

2.5. Variables, Operacionalización

2.5.1. Variable Independiente

Ataque de sulfatos

2.5.2. Variable dependiente

Corrosión del concreto

2.5.3. Operacionalización

La Operacionalización se detalla en el *Tabla II-1*, según las variables

Tabla II-1: Cuadro de Operacionalización

VARIABLE DE ESTUDIO	CONCEPTO	CONCEPTO OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
VARIABLE INDEPENDIENTE Ataque Químico por Sulfatos	Damiani (2014), es el resultado de su exposición en sales o ácidos. Los sulfatos se encuentran naturalmente en suelos agrícolas, aguas subterráneas y ambientes marinos, que al estar en contacto con el concreto ocasionan el deterioro y debilitamiento de estructuras de concreto.	El ataque por sulfatos en el concreto sucede por el contenido químico que se encuentran en aguas subterráneas, suelos agrícolas, materia orgánica y en tubos de alcantarillado. Estas sustancias químicas pueden formar H ₂ S, de manera que al combinarse con el MgSO ₄ , se convierte en ácido sulfúrico, este creado naturalmente por acción de microorganismos.	Materiales	Propiedades físicas de los materiales	NORMA TÉCNICA PERUANA 339,047
			Diseño de Mezcla	Proporcionamiento de material	METODO COMITÉ 211 ACI
			Probetas Normalizadas	Moldes cilíndricos de 4" x 8"	NORMA TÉCNICA PERUANA 339,034
			Contenidos de sulfatos (mg/l)	- 1400 mg/l de Sulfato de Magnesio - 9500 mg/l de Sulfato de Magnesio - 50 000 mg/l de Sulfato de Magnesio	REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES - E060
VARIABLE DEPENDIENTE Corrosión del Concreto	Gonzales (1998), es un proceso electroquímico, que requiere de una reacción de oxidación, otra de reducción y de la circulación de iones a través del electrolíto, produciendo la destrucción del concreto a causa de las reacciones entre la combinación de componentes químicos.	El nivel de deterioro depende de la cantidad de iones de sulfatos u otros agentes químicos que atacan a la composición del concreto, estos agentes se puede conocer mediante ensayos químicos, de tal manera, se podrá analizar a detalle el concreto corroído, esto, mediante estudios por deterioro y ensayos por resistencia a la compresión.	Exposición a Sulfatos	Requisitos de durabilidad para el concreto expuesto a soluciones de sulfatos	RNE - E060 Requisitos del Concreto Expuesto a Sulfatos
			Pérdida de Peso por Degradación	Relación de la pérdida de peso en las muestras según relación agua/cemento y número de días	ENSAYOS DE LABORATORIO
			Ensayo por Esfuerzo a la Compresión al Concreto	a/c = 0.60 a/c = 0.55 a/c = 0.50	ENSAYOS DE LABORATORIO
			Comparación en la Resistencia a la Compresión	Comparación de resistencia a la compresión en porcentaje	ENSAYOS DE LABORATORIO

Fuente: Propia

2.6. Unidad de análisis, población y muestra

En el siguiente punto se demostrará la unidad de análisis de la presente investigación, la población y la muestra que se manipulará en cada ensayo según sea requerido por el laboratorio.

2.6.1. Unidad de análisis

Según Hernández y Fernández (2014) detallan que la unidad de análisis es la parte central de la investigación, puesto que define “que o quienes” van abarcar en la misma, de igual manera esto va a depender del tipo de investigación, y de cómo sus alcances conllevan a la resolución del mismo.

Es por ello, que la presente investigación define que la unidad de análisis es: concreto endurecido y se incluirán variables que se irán desarrollando a lo largo de su proceso.

2.6.2. Población

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), señalan que la población es el conjunto de casos agregados que concuerdan con una serie de descripciones y suele estar organizada por personas u entidades que dada a sus características comunes dan origen a la investigación. De igual modo, esta población debe estar definida para no cometer error al agregar la muestra ya que esto no solo obedece al objetivo de estudio, sino también al medio en el que estará sometido y al tiempo de exposición.

Con relación, a la presente investigación la población se fijará mediante el estudio de la corrosión del concreto por efecto de los sulfatos, ya que no se pueden dar cifras exactas por lo cual la muestra se definirá utilizando la norma americana (ASTM C31) y cumplir con el objetivo diseñado en la investigación.

Finalmente, la población presente en esta tesis son **todas las probetas cilíndricas de concreto 4"x8" en el Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-UNI)**.

2.6.3. Muestra

Balestrini (2001), cita que la muestra es el acumulado de procedimientos que se realizan para ensayar la distribución de determinadas representaciones en la totalidad de una población y se debe partir de la observación de una parte estimada. Tomando en cuenta, que la muestra es propia de un subconjunto de la población y de elementos que pertenecen al conjunto determinado al que se le llama población.

Para la muestra de la presente investigación se evaluará la norma americana (ACI 318-08), la cual indica realizar el promedio de las resistencias de al menos 3 probetas 4" x8", claramente estas resistencias se obtienen mediante los ensayos por esfuerzo a la compresión.

Por tanto, se realizaron las consultas del caso con técnicos e ingenieros especialistas en concreto del Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-UNI), del cual se logró determinar la cantidad **108 probetas cilíndricas de concreto 4"x8"**. Ver *Tabla II-2*.

Tabla II-2: Cantidad de ensayos por dosificación, contenido MgSO₄ y período

Identificación	Período de inmersión			Muestras
	14 días	21 días	28 días	
S/S 210 (Patrón)	3	3	3	9
210 A (1400 mg/lt)	3	3	3	9
210 B (9500 mg/lt)	3	3	3	9
210 C (50 000 mg/lt)	3	3	3	9
S/S 245 (Patrón)	3	3	3	9
245 A (1400 mg/lt)	3	3	3	9
245 B (9500 mg/lt)	3	3	3	9
245 C (50 000 mg/lt)	3	3	3	9
S/S 280 (Patrón)	3	3	3	9
280 A (1400 mg/lt)	3	3	3	9
280 B (9500 mg/lt)	3	3	3	9
280 C (50 000 mg/lt)	3	3	3	9
CANTIDAD TOTAL DE PROBETAS				108

Fuente: Propia

2.6.4. Muestreo

La presente investigación fue evaluada por un muestreo no probabilístico, ya que la muestra fue seleccionada a criterio personal e intencional por parte del investigador.

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

Bernal (2010, p. 192) afirma:

En la investigación científica existe diversidad de técnicas e instrumentos para la obtención de información en el trabajo de campo. Esto depende del método y el tipo de investigación que se realizará.

Conforme a Arias, “la técnica de la investigación es el método específico de obtener información. Las técnicas son particulares, por lo que es un complemento de investigación de propósitos esenciales” (2012, p. 67).

Las técnicas para la recolección de datos son las siguientes:

- **Análisis documental:** Se utilizó esta técnica que está basada en libros, tesis, normas técnicas, reglamentos nacionales e internacionales, como fuente de información para poder realizar los ensayos a utilizar en la evaluación físico-mecánica de las probetas de concreto.
- **Observación:** La observación, es la técnica de investigación científica, que nos permitirá obtener los datos provenientes de los ensayos que se realizarán en el laboratorio de concreto, del cual nos permitirá conocer de forma directa, las reacciones físicas y mecánicas de las muestras a estudiar.

2.7.1. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizarán en el presente proyectos son:

- **Fichas de recolección de datos:** “Son instrumentos del cual se almacena información importante que se ha encontrado durante el proceso de investigación” Cuatro (2015, p. 1).

A. Propiedades Físicas de los Materiales (NTP 339.047)

Los materiales que se utilizará para nuestro proyecto son:

- Cemento Quisqueya tipo I
- Agregado grueso
- Agregado fino
- Agua
- Sulfatos de magnesio

B. Dosificación del concreto según ACI 211

1. Se diseñará la mezcla de concreto para una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, ya que es la que más se aproximación a las relaciones a/c dadas.
2. Se diseñará con asentamiento o Slump de 3” - 4”.

3. Calcular las propiedades físicas de los materiales mediante los siguientes ensayos que sea requerido.
4. Definir la cantidad de agua en relación al tamaño máximo nominal y Slump (3" – 4"), especificados en la *Tabla II-3*

Tabla II-3: Requerimientos de Agua y Slump según TMN

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua en lt/m^3 de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.								
	10 mm (3/8")	12.5 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (1½")	50 mm (2")	70 mm (3")	150 mm (6")	
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO									
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125	
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140	
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	--	
Cantidad aproximada de aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2	
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO									
30 a 50 (1" a 2")	180	175	165	160	145	140	135	120	
80 a 100 (3" a 4")	200	190	180	175	160	155	150	135	
150 a 180 (6" a 7")	215	205	190	185	170	165	160	--	
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición	Exposición Suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	Exposición Moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
	Exposición Severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: ACI 211.1-91 (2002, p.8)

5. Cálculo de la resistencia a la compresión requerida (f'_{cr}), según la *Tabla II-3*:

Tabla II-4: Factor de la resistencia requerida

Resistencia Especificada F'_c (kg/cm^2)	Resistencia Requerida F'_{cr} (kg/cm^2)
$F'_c < 210$ kg/cm^2	$F'_{cr} = F'_c + 70$
$210 < F'_c < 350$	$F'_{cr} = F'_c + 85$
$F'_c > 350$	$F'_{cr} = 1.10 * F'_c + 50$

Fuente: ACI 318 S-14 (2014)

6. Cálculo del cemento, según la relación de agua y cemento en función de la resistencia requerida, según la Tabla II-4:

Tabla II-5: Relación de a/c para la Resistencia Requerida

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		RELACIÓN AGUA/CEMENTO (a/c)	
Mpa	(Kg/cm ²)	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
40	408	0.42	-----
35	357	0.47	0.39
30	306	0.54	0.45
25	255	0.61	0.52
20	204	0.69	0.60
15	153	0.69	0.70

Fuente: ACI 211 (2002, p.22)

7. Cálculo del peso de la piedra, en función del tamaño máximo del agregado tipo grueso y del módulo de finura de la arena (b/b), utilizando la Tabla II.5.

Tabla II-6: Volumen de Agregado Grueso por Volumen de Concreto

Dn max	Módulo de finura de la arena				
	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6	0.58
1"	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.69	0.67
2"	0.78	0.76	0.74	0.72	0.7
3"	0.81	0.79	0.77	0.75	0.74
6"	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79

Fuente: ACI 211.1-91 (2002, p.23)

8. Cálculo de volumen de la arena y peso de la arena

- Volúmenes absolutos: El diseño es por (kg/m³)

$$1\text{m}^3 = \text{Vol de agua} + \text{Vol de piedra} + \text{Vol de arena} + \text{Vol del aire}$$

- Peso arena

$$\text{Peso arena} = \text{Vol de arena} * \text{Peso específico de la arena} * 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

9. Corrección de humedad en los agregados

$$\text{Peso agregado húmedo} = \text{Peso agregado seco} * (1 + \% \text{Contenido de humedad})$$

10. Corrección de humedad en los agregados

$$\text{Aporte humedad agregados} = \text{Peso seco} * (\% \text{Cont. De humedad} - \% \text{Absorción})$$

11. Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua diseño} - \text{Aporte humedad de agregados}$$

12. Cálculo de las proporciones en volumen

$$\text{Volumen de piedra} = \text{Peso piedra corregida} * 35.31 / \text{PUS piedra}$$

13. Cálculo de las proporciones en volumen

Se desarrollará el Cuadro N° 14, con los datos obtenidos en el laboratorio, así mismo, se definirá la dosificación requerida por cada material.

Tabla II-7: Diseño Seco – Diseño en Obra - Laboratorio

MATERIALES	DISEÑO SECO				DISEÑO EN OBRAS					LABORATORIO	
	WS	P.E.	Vol. Abs.	W.U.S.	W.Obra	W.U.O	W.U.O.*42.5	Vol. Aparente	Vol. En latas	Tanda 54 kg	Tanda + Bolsa
CEMENTO											
AGUA											
ARENA											
PIEDRA											
AIRE											

Fuente: Propia

C. Probetas Normalizadas 4 x 8”

Para este proyecto se experimentará en probetas normalizadas, según la NTP 339.034, del cual se consideraron las indicaciones ya establecidas, así mismo, se optó por utilizar probetas de polietileno (HDPE) con dimensiones de 4” x 8”. Por esta razón, en el presente proyecto se trabajará con diseños para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, del cual se tomará 3 muestras para cada diseño de mezcla, posteriormente se colocará las probetas en un ambiente adecuado por 24 horas, tal como lo especifica la norma técnica peruana.

D. Cálculo de peso por cada muestra

Una vez transcurrido las 24 horas de haber colocado el concreto en las probetas, se procede a extraer la muestra y a su vez se calculará el peso en kilogramos, utilizando una balanza correctamente calibrada, de tal manera, el dato que se

obtiene en este procedimiento será el dato de referencia que se comparará al peso que se obtendrá después del curado.

E. Exposición a sulfatos

Para la exposición de sulfatos se consideró el Reglamento Nacional de Edificaciones (E-060), del cual se tomó como referencia los parámetros establecidos en los requisitos del concreto a la exposición de sulfatos, considerando 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50000 mg/lit; estos contenidos de sulfatos serán utilizados en la etapa del curado para un especificado número de días: 14 días, 21 días y 28 días.

F. Cálculo de peso por degradación

Una vez transcurrido los 21 días, 30 días y 45 días, por cada número de días, se procederá a calcular el peso de cada muestra, esta vez se considerará esta cifra como peso por degradación, ya que, al estar expuesto por sulfatos habrá una diferencia de peso que será comparado al peso calculado antes del curado. De esta manera, se podrá expresar la diferencia de peso por degradación en relación al número de días, relación agua/cemento, resistencia a la compresión y cantidad de sulfatos.

G. Ensayo de rotura por compresión en muestras cilíndricas de concreto

Para realizar el ensayo de resistencia de rotura por compresión, se tiene que adherir mortero de azufre en la parte superior de las muestras utilizadas, tal como indica la norma americana (ASTM C617), con el fin de conseguir la correcta distribución de cargas provocada por la máquina de ensayo de rotura de muestras cilíndricas. Posteriormente la resistencia a la compresión se calculará dividiendo la carga máxima ejercida en la muestra y el área de la sección de la muestra cilíndrica, expresada en (kg/cm²).

H. Comparación por resistencia de ensayos a la compresión

Se comparará la resistencia a la compresión según la dosificación de cada muestra, el contenido de sulfatos y el número de días. De tal manera, se podrá analizar y discutir los resultados obtenidos que serán en cifras, porcentajes y gráficos.

2.7.2. Validez

Según Hernández, Fernández y Baptista lo definen de la siguiente manera:

[...] La validez de un instrumento de medición se evaluará sobre la base de todos los tipos de evidencia. Cuanta mayor sea la evidencia de validez de contenido y la evidencia de validez de criterio, este se aproximará más a representar las variables que pretenderá medir (2014, p. 200-201).

Tabla II-8: Rangos y magnitudes de validez

Rangos	Magnitud
0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy valida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.0	Validez perfecta

Fuente: Herrera (1998)

Para el presente proyecto se optó por un formato de validación de instrumentos, este formato será verificado y validado por 03 especialistas del tema de investigación.

Tabla II-9: Coeficiente de Validez por Juicio de Expertos

Validez	Experto 01	Experto 02	Experto 03	Promedio
Variable Independiente	1	1	1	1
Variable Dependiente	1	1	1	1
Índice de Validez				1

Fuente: Meza (2017)

Con respecto a los análisis de validez estos fueron realizados por tres expertos profesionales que desempeñan su labor en el ámbito de la Ingeniería Civil y metodología de la investigación dando como resultado un nivel de validez del instrumento de **I**, lo cual corresponde al nivel de *excelente validez*.

La validez para los ensayos ejecutados, fueron aprobados por el ingeniero especialista del laboratorio, así mismo, el profesional tendrá que firmar los informes por cada ensayo realizado, con el fin de dar conformidad y veracidad a los resultados.

2.7.3. Confiabilidad

Hernández, Fernández y Baptista detallan respecto a la confiabilidad de la siguiente manera:

“La confiabilidad de un instrumento de medición, se define al grado de aplicación constante al mismo fin, sea individuo u objeto, del cual producirá resultados iguales. La confiabilidad de un instrumento se medirá por diferentes técnicas, del cual se comentará de manera breve después de verificar las definiciones de validez y objetividad”.

La confiabilidad en la actual investigación está basada en relación a la calibración de los equipos de medición que se usarán para los respectivos ensayos. Por ello, se adjuntan los certificados necesarios, con el fin de respaldar la correcta calibración de los equipos utilizados.

2.8. Método de análisis de datos

Según Bernal, el análisis de datos “Interpreta los hallazgos relacionados con los problemas identificados en la investigación, los objetivos, las hipótesis planteadas y/o preguntas que fueron formuladas por el autor, [...] con el objetivo de analizar y confirmar las teorías utilizadas, esto generará debates con la teoría existente” (2010, p. 220).

2.9. Aspectos éticos

El investigador del proyecto respeta la autoría de los autores e investigadores que han sido mencionados en cada etapa del proyecto, del cual se respetará sus pensamientos y análisis del tema, así mismo, han sido citados en cada etapa que ha sido necesario.

CAPÍTULO III:

RESULTADOS

3. Resultados

Para desarrollar la etapa experimental de la presente investigación es necesario realizar ensayos según las normas internacionales (ASTM) y la norma técnica peruana (NTP), con el fin de que cada procedimiento sea ejecutado sin margen de error, manteniendo la seguridad y credibilidad ante los resultados obtenidos por cada procedimiento dado.

Así mismo, es necesario realizar los siguientes ensayos: Granulometría, Contenido de Humedad, Peso Específico y Porcentaje de Absorción, Peso Unitario Suelto y Peso Unitario Compactado, con el fin de conocer las características físicas de los agregados y poder realizar un diseño de mezclas óptimo.

Por consiguiente, se optó por el diseño de mezclas del comité 211 del ACI, ya que para esta investigación estudiaremos concreto de mediana resistencia. Del mismo modo, se realizó la selección de los materiales y la combinación adecuada para la dosificación, con la finalidad de obtener un concreto óptimo cuyas propiedades sean proporcionadas en estado fresco y endurecido.

Finalmente, en la etapa de curado, las muestras de concreto serán expuestas con sulfato de magnesio a una cantidad de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50000 mg/lit para un período de curado de 14, 21 y 28 días. Con la finalidad de conocer el nivel de corrosión expresados en cifras y gráficamente, del cual serán analizados para encontrar posibles soluciones y mitigar el efecto corrosivo.

3.1. Objetivo General

Determinar la relación entre la corrosión del concreto y los ataques por sulfatos, para una resistencia de $a/c = 0.60$, con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.

Determinar la relación entre la corrosión del concreto y los ataques por sulfatos, para una resistencia de $a/c = 0.55$, con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.

Determinar la relación entre la corrosión del concreto y los ataques por sulfatos, para una resistencia de $a/c = 0.50$, con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.

3.2. Descripción del lugar de estudio

La presente investigación está enfocada en los distritos con mayor producción agrícola en Lima, de los cuales se eligió al distrito de Carabayllo. Este distrito está ubicado en ambos márgenes del Río Chillón, en el que podemos encontrar un suelo mixto muy fértil y de composición química que se desarrolla naturalmente. Además, en este distrito el 65% de sus tierras está dedicado a la agricultura, por esta razón, sus productos agropecuarios abastecen a todos los mercados de Lima.

3.2.1. Ubicación de lugar de estudio

La zona donde se aplica el estudio es para la “Asociación El Paraíso de San Pedro de Carabayllo”, que está ubicada en el distrito de Carabayllo, en la Provincia y Departamento de Lima. La ubicación del poblado se describe en la *Figura III-1*.

Figura III-1: Ubicación de lugar de estudio



Fuente: Google Maps

3.2.2. Ubicación de la cantera

Para realizar el experimento, contamos con el apoyo de la cantera Birrak, ya que fue la empresa que abasteció de agregados para todos los ensayos necesarios que se realizaron durante todo el proceso del experimento.

La cantera Birrak está ubicada en la Avenida Néstor Gambeta Altura Km 8.5, Distrito de Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao, Departamento de Lima. La cual se describe en la *Figura III-2*.

Figura III-2: Ubicación de la cantera



Fuente: Google Maps

3.3. Estudio de los Agregados

3.3.1. Propiedades físicas del agregado fino

A. Análisis Granulométrico (NTP 400.012)

a) Objetivo

Detallar la distribución de los tamaños de las partículas del material pétreo mediante tamices certificados que estén colocados de forma decreciente, con el fin de conocer los resultados que nos indicarán si el agregado a utilizar es óptimo para nuestro diseño de mezcla.

b) Procedimiento

1. Secar el material en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C.
2. Seleccionar la serie de tamices y encajarlos en orden decreciente según el tamaño de su abertura, y a su vez, colocar la muestra sobre el tamiz superior.

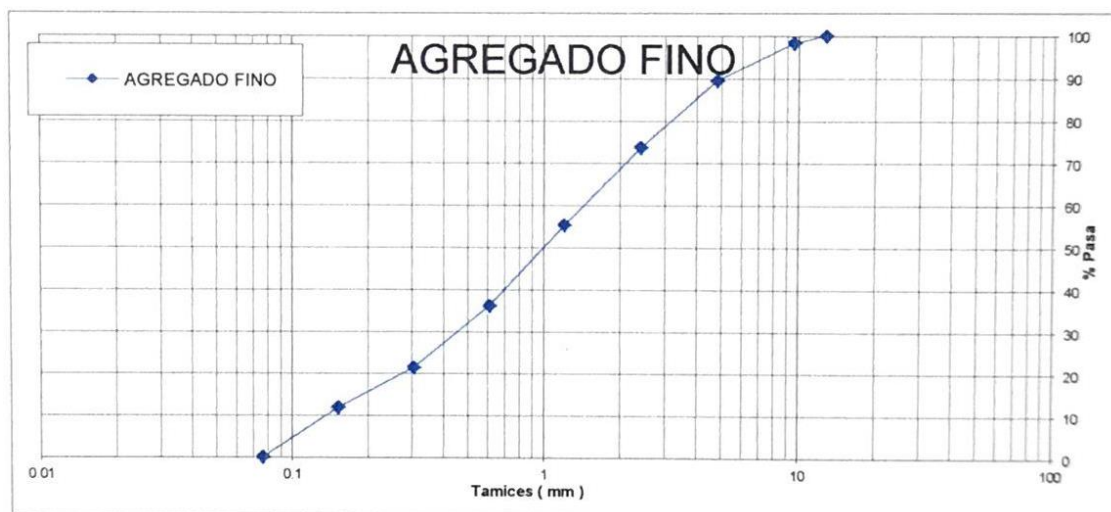
3. Realizar el tamizado manualmente durante un tiempo determinado.
4. Pesar las partículas retenidas de la muestra por cada tamiz, con una balanza de alta precisión y que esté debidamente calibrada.
5. Ingresar los datos obtenidos por cada tamiz y graficar la curva granulométrica.

Tabla III-1: Granulometría del Agregado Fino

TAMIZ		%	% RET	%
(Pulg)	(mm)	RET	ACUM	PASA
1/2 "	12.7	0.0	0.0	100
3/8 "	9.5	1.8	1.8	98.2
Nº 4	4.75	8.8	10.5	89.5
Nº 8	2.38	15.8	26.4	73.7
Nº 16	1.19	18.4	44.7	55.3
Nº 30	0.6	19.2	63.9	36.1
Nº 50	0.3	14.7	78.6	21.4
Nº 100	0.15	9.6	88.2	11.8
FONDO		11.8	100	0.0

Fuente: Laboratorio

Gráfico III-1: Curva Granulométrica del Agregado Fino



Fuente: Laboratorio

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037:2014), el Modulo de Fineza debe estar entre 2.3 y 3.1. Por tanto, según el análisis granulométrico del agregado fino, el módulo de fineza es de 3.14.

$$mf = \frac{\sum \% Ret. acum (6'' + 3'' + 1\frac{1}{2}'' + \frac{3}{4}'' + \frac{3}{8}'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

mf= 3.14

Tabla III-2: Granulometría del Agregado Fino según NTP 400.037

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm N° 4	95 – 100
2.36 mm N° 8	80 – 100
1.18 mm N° 16	50 – 85
600 um N° 30	25 – 60
300 um N° 50	10 – 30
150 um N° 100	2 – 10

Fuente: NTP 400.037

B. Contenido de Humedad (NTP 339.185)

a) Objetivo

Conocer el contenido de humedad del agregado, por el cual, se podrá asegurar la calidad y uniformidad al realizar las mezclas de concreto.

b) Procedimiento

1. Tomar muestra representativa del material extraído.
2. Colocar la muestra húmeda en un recipiente y luego pesarla.
3. Secar la muestra en horno a una temperatura según norma de 110 ± 5 °C.
4. Retirar la muestra seca del horno y pesarla.
5. Calcular el contenido de humedad expresada en porcentaje.

El contenido de humedad se calcula con la siguiente ecuación:

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

P = Contenido de humedad en porcentaje.

W= Masa de la muestra húmeda en gramos.

D= Masa de la muestra seca en gramos.

C. Peso específico y porcentaje de absorción (NTP 400.022)

a) Objetivo

Determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y el porcentaje de absorción del agregado fino, con la finalidad de utilizar los datos en los cálculos y en la corrección de diseño de mezclas.

b) Procedimiento

1. Introducir en un frasco la muestra de 500 gramos de material, llenar parcialmente con agua a una temperatura de 23 ± 2 °C hasta alcanzar el nivel de 500 cm³ indicado en el frasco.
2. Agitar en el frasco para eliminar las burbujas de aire dentro de 15 a 20 minutos.
3. De manera mecánica, extraer las burbujas de aire mediante una vibración externa, de tal manera que no altere la muestra.
4. Una vez eliminadas las burbujas de aire, ajustar la temperatura del frasco y su contenido a 23 ± 2 °C y llenar el frasco hasta la capacidad calibrada. Calcular el peso total del frasco, espécimen y agua.
5. Extraer el agregado fino del frasco, secar en la estufa hasta peso constante de 110 ± 5 °C, enfriar a temperatura ambiente hasta 1½ hr y calcular el peso obtenido.

El peso específico se calcula con la siguiente ecuación:

$$Pe_m = \frac{W_o}{(V - V_a)} \times 100$$

Pe_m = Peso específico de la masa

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, g.

V = Volumen del frasco en cm³.

V_a = Peso en gramos o volumen en cm³ de agua añadida al frasco.

D. Peso unitario suelto y peso unitario compactado (NTP 400.017)

a) Objetivo

Con este ensayo se dará a conocer la relación masa/volumen, en estado suelto y compactado, con el fin de utilizarlo en el diseño de mezcla.

b) Procedimiento para el Peso Unitario Suelto

1. Utilizar un recipiente con peso y volumen conocido.
2. Llenar el recipiente con una cuchara y descargar el agregado con una caída libre no mayor a 2" hasta que se desparrame en el recipiente.
3. Enrasar el material con una varilla o regla a la misma altura del recipiente.
4. Tomar apuntes de los datos obtenidos y calcular el Peso Unitario Suelto con la ecuación especificada en la norma técnica peruana.

c) Procedimiento para el Peso Unitario Compactado

1. Utilizar un recipiente con peso y volumen conocido.
2. Llenar el recipiente a $\frac{1}{3}$ de su capacidad, utilizar una varilla y apisonar la capa con 25 golpes uniformemente, de igual manera con las dos capas restantes.
3. Enrasar la superficie del recipiente de manera de eliminar el material excedente.
4. Tomar apuntes de los datos obtenidos y calcular el Peso Unitario Compactado con la ecuación especificada en la norma técnica peruana.

El Peso Unitario Suelto (PUS) y el Peso Unitario Compactado (PUC) se calculan con la siguiente ecuación:

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

M = Peso unitario del agregado en kg/m³

G = Peso del recipiente y peso del material.

T = Peso el recipiente en kg.

V = Volumen del recipiente de medida en m³

Tabla III-3: Propiedades Físicas del Agregado Fino

Modulo de fineza	3.14
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1641
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1782
Peso Especifico	2.59
Contenido de Humedad (%)	1.87
Porcentaje de Absorción (%)	0.97

Fuente: Laboratorio

3.3.2. Propiedades Físicas del Agregado Grueso

A. Análisis Granulométrico (NTP 400.012)

a) Objetivo

Determinar la distribución de los tamaños de las partículas del material pétreo mediante tamices certificados que estén colocados de forma decreciente, con el fin de conocer los resultados que nos indicarán si el agregado a utilizar es óptimo para nuestro diseño de mezcla.

b) Procedimiento

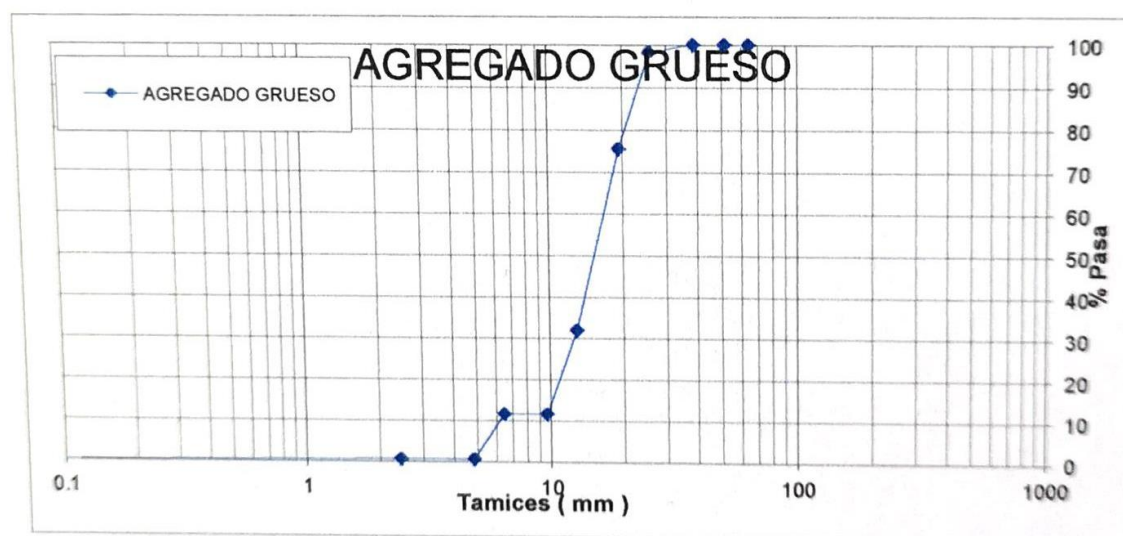
1. Secar el material en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C.
2. Seleccionar la serie de tamices y encajarlos en orden decreciente según el tamaño de su abertura, y a su vez, colocar la muestra sobre el tamiz superior.
3. Realizar el tamizado manualmente durante un tiempo determinado.
4. Pesar las partículas retenidas de la muestra por cada tamiz, con una balanza de alta precisión y que esté debidamente calibrada.
5. Ingresar los datos obtenidos por cada tamiz y graficar la curva granulométrica.

Tabla III-4: Granulometría del Agregado Grueso

TAMIZ		%	% RET	%
(Pulg)	(mm)	RET	ACUM	PASA
2 1/2"	63.5	0.0	0.0	100
2"	50.8	0.0	0.0	100
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	100
1"	25.4	1.8	1.8	98.2
3/4"	19.05	22.7	24.6	75.4
1/2"	12.7	43.5	68.1	31.9
3/8"	9.5	20.4	88.4	11.6
1/4"	6.35	0.0	88.4	11.6
N° 4	4.75	11.0	99.5	0.5
N° 8	2.38	0.0	99.5	0.5
FONDO	0.075	0.5	100.0	0.0

Fuente: Laboratorio

Grafico III-2: Curva Granulométrica del Agregado Grueso



Fuente: Laboratorio

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037:2014), el Modulo de Finura del agregado grueso es de 7.10.

$$mf = \frac{\sum \% Ret. acum (6" + 3" + 1\frac{1}{2}" + \frac{3}{4}" + \frac{3}{8}" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

B. Contenido de Humedad (NTP 339.185)

a) Objetivo

Conocer el contenido de humedad del agregado, por el cual, se podrá asegurar la calidad y uniformidad al realizar las mezclas de concreto.

b) Procedimiento

1. Tomar muestra representativa del material extraído.
2. Colocar la muestra húmeda en un recipiente y luego pesarla.
3. Secar la muestra en horno a una temperatura según norma de 110 ± 5 °C.
4. Retirar la muestra seca del horno y pesarla.
5. Calcular el contenido de humedad expresada en porcentaje.

El contenido de humedad se calcula con la siguiente ecuación:

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

P = Contenido de humedad en porcentaje.

W= Masa de la muestra húmeda en gramos.

D= Masa de la muestra seca en gramos.

C. Peso específico y porcentaje de absorción (NTP 400.022)

a) Objetivo

Determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y el porcentaje de absorción del agregado grueso, con la finalidad de utilizar los datos en los cálculos y en la corrección de diseño de mezclas.

b) Procedimiento

1. Secar la muestra a una temperatura de 110 ± 5 °C.
2. Ventilar la muestra aproximadamente de 1 a 3 horas.
3. Inmediatamente sumergir el agregado en agua por un período de 24 horas.
4. Retirar la muestra del agua y secar con un paño absorbente, hasta desaparecer cualquier partícula de agua superficial en la muestra.

5. Pesar la muestra bajo la condición de material saturado superficialmente seco.
6. Colocar la muestra saturada con superficie seca en la canasta de alambres y determinar el peso sumergido en agua.
7. Secar la muestra a una temperatura de 110 ± 5 °C.
8. Dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas.
9. Pesar la muestra y calcular el peso específico.

El peso específico se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

P_{em} = Peso específico de la masa

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

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca

C = Peso en el agua de la muestra saturada

D. Peso unitario suelto y peso unitario compactado (NTP 400.017)

a) Objetivo

Con este ensayo se dará a conocer la relación masa/volumen, en estado suelto y compactado, con el fin de utilizarlo en el diseño de mezcla.

b) Procedimiento para el Peso Unitario Suelto

1. Utilizar un recipiente con peso y volumen conocido.
2. Llenar el recipiente con una cuchara y descargar el agregado con una caída libre no mayor a 2" hasta que se desparrame en el recipiente.
3. Enrasar el material con una varilla o regla a la misma altura del recipiente.
4. Tomar apuntes de los datos obtenidos y calcular el Peso Unitario Suelto con la ecuación especificada en la norma técnica peruana.

c) Procedimiento para el Peso Unitario Compactado

1. Utilizar un recipiente con peso y volumen conocido.

2. Llenar el recipiente a $\frac{1}{3}$ de su capacidad, utilizar una varilla y apisonar la capa con 25 golpes uniformemente, de igual manera con las dos capas restantes.
3. Enrasar la superficie del recipiente de manera de eliminar el material excedente.
4. Tomar apuntes de los datos obtenidos y calcular el Peso Unitario Compactado con la ecuación especificada en la norma técnica peruana.

El Peso Unitario Suelto (PUS) y el Peso Unitario Compactado (PUC) se calculan con la siguiente ecuación:

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

M = Peso unitario del agregado en kg/m^3

G = Peso del recipiente y peso del material.

T = Peso el recipiente en kg.

V = Volumen del recipiente de medida en m^3

Tabla III-5: Propiedades Físicas del Agregado Grueso

Tamaño nominal máximo	1"
Módulo de fineza	7.10
Peso Unitario Suelto (kg/m^3)	1421
Peso Unitario Compactado (kg/m^3)	1643
Peso Específico	2.56
Contenido de Humedad (%)	0.30
Porcentaje de Absorción (%)	1.36

Fuente: Laboratorio

3.4.3. Granulometría del Agregado Global

a) Objetivo

Determinar la óptima combinación de agregados de manera porcentual, en base al módulo de finura del agregado grueso y agregado fino y agregado global, obteniendo los porcentajes óptimos de grava y arena, con la finalidad de diseñar una mezcla adecuada que cumpla con las propiedades del concreto.

b) Procedimiento

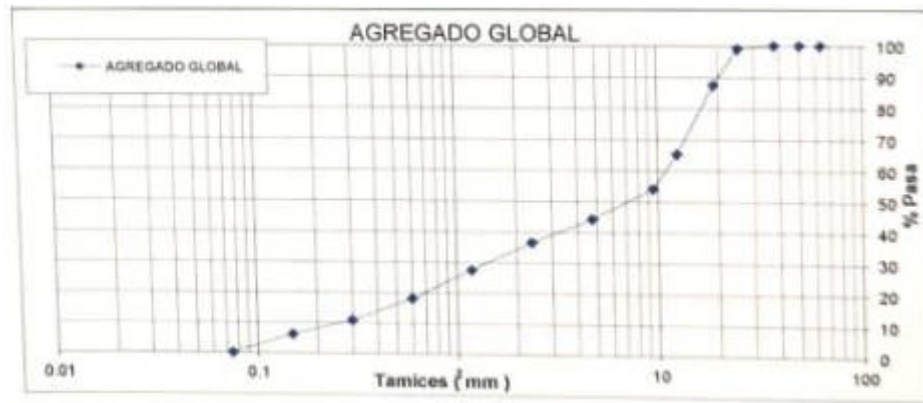
1. Secar el material en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C.
2. Seleccionar la serie de tamices y encajarlos en orden decreciente según el tamaño de su abertura, y a su vez, colocar la muestra sobre el tamiz superior.
3. Realizar el tamizado manualmente durante un tiempo determinado.
4. Pesar las partículas retenidas de la muestra por cada tamiz, con una balanza de alta precisión y que esté debidamente calibrada.
5. Ingresar los datos obtenidos por cada tamiz y graficar la curva granulométrica.

Tabla III-12: Granulometría del Agregado Global

TAMIZ		%	% RET	%
(Pulg)	(mm)	RET	ACUM	PASA
2 1/2"	63.5	0.0	0.0	100
2"	50.8	0.0	0.0	100
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	100
1"	25.4	0.9	0.9	99.1
3/4"	19.05	11.6	12.5	87.5
1/2"	12.7	22.2	34.7	65.3
3/8"	9.5	11.3	46.0	54.0
Nº 4	4.75	9.9	55.9	44.1
Nº 8	2.38	7.8	63.7	36.3
Nº 16	1.19	9.0	72.7	27.3
Nº 30	0.60	9.4	82.0	18.0
Nº 50	0.30	7.2	89.3	10.7
Nº 100	0.15	4.7	93.9	6.1
FONDO		6.1	100.0	0.0

Fuente: Laboratorio

Gráfico III-3: Curva Granulométrica del Agregado Global



Fuente: Laboratorio

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037:2014), el Modulo de Finura del agregado grueso es de 7.10.

$$mf = \frac{\sum \% Ret. acum (6" + 3" + 1\frac{1}{2} + \frac{3}{4} + \frac{3}{8} + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

mf= 5.16

Tabla III-7: Propiedades Físicas del Agregado Global

Tamaño nominal máximo	1"
Modulo de fineza	5.16
% Agregado grueso	51
% Agregado fino	49

Fuente: Laboratorio

3.4.4. Sulfato de Magnesio (MgSO₄)

El proceso deterioro procedente del sulfato de magnesio es debido a las reacciones químicas. Al diluir las sales MgSO₄ en agua, se obtiene un fluido magnésico con una específica concentración según la cantidad de sales disuelto.

Al producirse la reacción química del sulfato de magnesio, agua y concreto, provocaría el deterioro por acción de un cambio iónico, debido a la acción de la sal con la cal y con los

componentes de la pasta, esto afecta directamente al aluminato Tricíclico o silicatos de calcio modificando el pH presente en el cemento y se puede ver incrementada en concretos con mayores contenidos del mismo, y aún más cuando se presenta también en los agregados de la mezcla. El ataque del sulfato se manifiesta cuando entra en contacto con los compuestos generando una apariencia blanquecina y agrietamiento progresivo que reduce al concreto a un estado quebradizo suave y finalmente a desintegrarlo.

Para el presente estudio se disolverá diferentes contenidos de sales de $MgSO_4$ en agua, con el fin de conocer los niveles de corrosión que producirá en diferentes muestras, esto será según la dosificación y el período de curado. Las cantidades de sulfato de magnesio, dosificación de concreto y tiempo de curado son las siguientes:

- 36 Probetas 4x8” con una a/c con una concentración de $MgSO_4$ de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50 000 mg/lt, para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.
- 36 Probetas 4x8” con una a/c = 0.55 con una concentración de $MgSO_4$ de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50 000 mg/lt, para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.
- 36 Probetas 4x8” con una a/c = 0.50 con una concentración de $MgSO_4$ de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50 000 mg/lt, para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.

Las etapas de corrosión por acción química son estudios complejos y muy amplios, sin tener ensayos ni parámetros definidos. Por tanto, se debe de considerar en conjunto todos los factores para así producir un concreto resistente a ataques por sulfatos.

3.4.5. Diseño de mezclas método del comité 211 del ACI

Determinar las cantidades correspondientes para producir un concreto de la manera económica como sea posible, cumpliendo con el grado de trabajabilidad y los detalles especificados en la norma ACI 211, esto con la finalidad que en la etapa de endurecido cumpla con las propiedades adecuadas.

a) Diseño de mezclas para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Slump 3” – 4”

1º Las Propiedades físicas de los agregados se detalla en la Tabla 16

Tabla III-8: Propiedades Físicas de los Agregados

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	FINO	GRUESO
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1641	1421
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1782	1643
Peso Especifico (gr/cm ³)	2.59	2.56
Modulo de Fineza	3.14	7.1
Tamaño Máximo Nominal	-	1"
Contenido de Humedad (%w)	1.87	0.30
Porcentaje de Absorción (%Abs)	0.97	1.36

Fuente: Laboratorio

2° Calculamos la resistencia requerida utilizando el cuadro ACI especificada en la Tabla III-9.

Tabla III-9: Resistencia Requerida

Resistencia Especificada $f'c$ (kg/cm ²)	Resistencia Requerida $f'cr$ (kg/cm ²)
$f'c < 210$ kg/cm ²	$f'cr = f'c + 70$
$210 < f'c < 350$	$f'cr = f'c + 85$
$f'c > 350$	$f'cr = 1.10 * f'c + 50$

Fuente: ACI 211

- Factor de resistencia requerida:

$$f'cr = 210 + 85 = 295 \frac{kg}{cm^2}$$

3° Cantidad agua y aire atrapado. Ver Tabla III-10.

Tabla III-10: Cantidad de Agua según Asentamiento

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua en lt/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.								
	10 mm (3/8")	12.5 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (1½ ")	50 mm (2")	70 mm (3")	150 mm (6")	
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO									
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125	
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140	
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	--	
Cantidad aproximada de aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2	

Fuente: ACI 211

- El agua que se utilizará según la tabla es 195 lt/m³, pero para el ensayo se utilizó una cantidad de 210 lt/m³, con el fin de obtener un slump de 3" a 4" y de esta manera cumpla con la trabajabilidad del concreto.

- El aire atrapado según el tamaño nominal de 1" es de 1.5%

4° Relación agua y cemento. Ver *Tabla III-11*

Tabla III-11: Relación Agua y Cemento

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		RELACIÓN AGUA/CEMENTO (a/c)	
Mpa	(Kg/cm ²)	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
40	408	0.42	-----
35	357	0.47	0.39
30	306	0.54	0.45
25	255	0.61	0.52
20	204	0.69	0.60
15	153	0.69	0.70

Fuente: ACI 211

- Se trabajará con la resistencia requerida, $f'_{cr} = 295 \text{ kg/cm}^2$
- Interpolamos las cifras según la resistencia a la compresión mostradas.

Tabla III-12: Interpolación entre Resistencia y a/c

f'_c (kg/cm ²)	Relación a/c
306	0.54
295	X
255	0.61

Fuente: ACI 211

$$\frac{295 - 306}{295 - 255} = \frac{X - 0.54}{X - 0.61}$$

$$X = 0.56 = 0.60$$

5° Calculamos la cantidad de cemento según la relación a/c

- $\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.60$
- $\text{cemento} = \frac{210}{0.6} = 350 \text{ kg}$

6° Cálculo de la combinación adecuado de los agregados por el método de agregado global. Para esto, utilizaremos el módulo de fineza del agregado fino, del agregado grueso y del agregado global. (A = arena; P = piedra) (Mfa = 3.14; Mfp = 7.61; Mfag = 5.16)

$$\left[\begin{array}{l} Mfa \times A + Mfp \times P = Mfag \quad \dots\dots\dots (1) \\ A + P = 1 \quad \dots\dots\dots (2) \end{array} \right.$$

(2) en (1) $A = 1 - P$

$$3.14 - 3.14P + 7.10P = 5.16$$

$$P = \frac{2.02}{3.96}$$

Piedra = 0.51 = 51%

Arena = 0.49 = 49%

7° Volúmenes Absolutos

- Vol. del cemento = 0.111
- Vol. del agua = 0.21
- Vol. de aire = 0.015
- Volumen parcial = 0.336

- Vol. del agregado = 1 - 0.336 = 0.664

- Vol del agregado = 0.664 $\left\{ \begin{array}{l} \text{Piedra} = 51\% = 0.339 \\ \text{Arena} = 49\% = 0.325 \end{array} \right.$

8° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener la cantidad por tanda

Tabla III-13: Diseño Seco para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Materiales	Diseño Seco			
	WS	P.E.	Vol. Abs.	WUS
Cemento	350.00	3150	0.111	1
Agua	210.00	1000	0.210	0.60
Arena	841.75	2590	0.325	2.41
Piedra	865.28	2560	0.338	2.47
Aire	1.50%	-	0.015	-

Fuente: Propia

9° Calculamos el agua efectiva de la siguiente manera:

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad en los agregados}$$

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = \text{Peso agregado seco} \times (\%w - \%Abs)$$

$$210 - \left[841.8 * \frac{(1.87 - 0.97)}{100} + 865.30 * \frac{(0.30 - 1.36)}{100} \right] = 211.6 \text{ litros}$$

10° Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Agregado grueso} = 865.3 \times (1 + 0.30 \%) = 857.54$$

$$\text{Agregado fino} = 841.8 \times (1 + 1.87 \%) = 867.9$$

11° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener las cantidades relativas por tanda. Ver *Tabla III-14*.

Tabla III-14: Diseño en Obra para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Materiales	Diseño en Obra			Vol. En pie ³
	WObra	WUO	WUO*42.5	
Cemento	350.00	1	42.50	1
Agua	212.00	0.60	25.50	25.50
Arena	857.54	2.45	104.13	2.24
Piedra	867.90	2.48	105.39	2.62

Fuente: Propia

El diseño de mezclas para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con un asentamiento de 3"- 4", será resumido en la *Tabla III-15*.

Tabla III-15: Resumen para un Diseño de Mezclas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Slump 3'' – 4''

DISEÑO DE MEZCLAS PRELIMINAR ($f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$) CEMENTO QUISQUEYA TIPO I	
CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Denominación	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
Asentamiento	3" - 4"
Relación a/c de diseño	0.60
Relación a/c de obra	0.60
Proporciones de diseño	1 : 2.41 : 2.48
Proporciones de obra	1 : 2.45 : 2.49
CANTIDAD DE MATERIAL POR m^3 DE CONCRETO EN OBRA	
Cemento	350 kg
Arena	857.49 kg
Piedra	870.44 kg
Agua	212 L
CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA	
Cemento	42.50 kg
Arena	104.13 kg
Piedra	105.83 kg
Agua	25.5 L
PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN	
Proporciones	1 : 2.24 : 2.62
Agua	25.5 L/bolsa

Fuente: Propia

b) Diseño de mezclas para un $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, Slump 3'' – 4''

1° Las Propiedades físicas de los agregados se detalla en la *Tabla III-16*.

Tabla III-16: Propiedades Físicas de los Agregados

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	FINO	GRUESO
Peso Unitario Suelto (kg/m^3)	1641	1421
Peso Unitario Compactado (kg/m^3)	1782	1643
Peso Especifico (gr/cm^3)	2.59	2.56
Modulo de Fineza	3.14	7.1
Tamaño Máximo Nominal	-	1"
Contenido de Humedad (%w)	1.87	0.30
Porcentaje de Absorción (%Abs)	0.97	1.36

Fuente: Laboratorio

2° Calculamos la resistencia requerida utilizando el cuadro ACI especificada en la *Tabla III-17*.

Tabla III-17: Resistencia Requerida

Resistencia Especificada $f'c$ (kg/cm ²)	Resistencia Requerida $f'cr$ (kg/cm ²)
$f'c < 210$ kg/cm ²	$f'cr = f'c + 70$
$210 < f'c < 350$	$f'cr = f'c + 85$
$f'c > 350$	$f'cr = 1.10 * f'c + 50$

Fuente: ACI 211

- Factor de resistencia requerida:

$$f'cr = 245 + 85 = 330 \frac{kg}{cm^2}$$

3° Cantidad agua y aire atrapado por volumen de concreto, según *Tabla III-18*.

Tabla III-18: Cantidad de agua según asentamiento

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua en lt/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.								
	10 mm (3/8")	12.5 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (1½")	50 mm (2")	70 mm (3")	150 mm (6")	
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO									
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125	
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140	
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	--	
Cantidad aproximada de aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2	

Fuente: ACI 211

- El agua que se utilizará según el cuadro N° es 205 lt/m³, pero para el ensayo se utilizó una cantidad de 210 lt/m³, con el fin de obtener un slump de 6" y de esta manera cumpla con la trabajabilidad del concreto.
- El aire atrapado según el tamaño nominal de 1" es de 1.5%.

4° Relación agua cemento según ACI. Según *Tabla III-19*.

Tabla III-19: Relación Agua y Cemento

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		RELACIÓN AGUA/CEMENTO (a/c)	
Mpa	(Kg/cm ²)	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
40	408	0.42	-----
35	357	0.47	0.39
30	306	0.54	0.45
25	255	0.61	0.52
20	204	0.69	0.60
15	153	0.69	0.70

Fuente: ACI 211

- Se trabajará con la resistencia requerida, $f'_{cr} = 330 \text{ kg/cm}^2$
- Interpolamos las cifras según la resistencia a la compresión mostradas.

Tabla III-20: Interpolación entre Resistencia y a/c

f'_c (kg/cm ²)	Relación a/c
306	0.54
295	X
255	0.61

Fuente: ACI 211

$$\frac{330 - 357}{330 - 306} = \frac{X - 0.47}{X - 0.54}$$

$$X = 0.51 = 0.55$$

5° Calculamos la cantidad de cemento según la relación a/c

- $\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.55$
- $\text{cemento} = \frac{210}{0.55} = 382 \text{ kg}$

6° Cálculo de la combinación adecuado de los agregados por el método de agregado global. Para esto, utilizaremos el módulo de fineza del agregado fino, del agregado grueso y del agregado global. (A = arena; P = piedra) (Mfa = 3.14; Mfp = 7.61; Mfag = 5.16)

$$\begin{cases} Mfa \times A + Mfp \times P = Mfag & \dots\dots\dots (1) \\ A + P = 1 & \dots\dots\dots (2) \end{cases}$$

(2) en (1) $A = 1 - P$

$$3.14 - 3.14P + 7.10P = 5.16$$

$$P = \frac{2.02}{3.96}$$

$$\text{Piedra} = 0.51 = 51\%$$

$$\text{Arena} = 0.49 = 49\%$$

7° Volúmenes Absolutos

- Vol. del cemento = 0.1213
- Vol. del agua = 0.21
- Vol. de aire = 0.015
- Volumen parcial = 0.3463

$$\text{Vol. del agregado} = 1 - 0.346 = 0.6537$$

$$\text{Vol del agregado} = 0.654 \begin{cases} \text{Piedra} = 51\% = 0.333 \\ \text{Arena} = 49\% = 0.32 \end{cases}$$

8° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener la cantidad por tanda. Ver *Tabla III-21*.

Tabla III-21: Diseño Seco para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Materiales	Diseño Seco			
	WS	P.E.	Vol Abs	WUS
Cemento	382.00	3150.00	0.1213	1
Agua	210.00	1000.00	0.2100	0.55
Arena	828.80	2590.00	0.3200	2.17
Piedra	853.25	2560.00	0.3333	2.23
Aire	1.50%	-	0.015	-

Fuente: Propia

9° Calculamos el agua efectiva de la siguiente manera:

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad en los agregados}$$

$$\begin{aligned} \text{Aporte de humedad} &= \text{Peso agregado seco} \times (\%w - \%Abs) \\ \text{de los agregados} & \end{aligned}$$

$$210 - \left[828.8 * \frac{(1.87 - 0.97)}{100} + 853.25 * \frac{(0.30 - 1.36)}{100} \right] = 211.6 \text{ litros}$$

10° Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Agregado grueso} = 853.3 \times (1 + 0.30 \%) = 855.86$$

$$\text{Agregado fino} = 828.8 \times (1 + 1.87 \%) = 844.30$$

11° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener las cantidades relativas por tanda. Ver *Tabla III-22*.

Tabla III-22: Diseño en Obra para un $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$

Materiales	Diseño en Obra			
	WObra	WUO	WUO*42.5	Vol. En pie ³
Cemento	382.00	1	42.50	1
Agua	212.00	0.55	23.38	23.38
Arena	844.30	2.21	93.93	2.02
Piedra	855.86	2.24	95.22	2.37

Fuente: Propia

El diseño de mezclas para un $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con un asentamiento de 6", será resumido en la *Tabla III-23*.

Tabla III-23: Resumen para un Diseño de Mezclas $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, Slump 6"

DISEÑO DE MEZCLAS PRELIMINAR ($f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$) CEMENTO QUISQUEYA TIPO I	
CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Denominación	$f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$
Asentamiento	6"
Relación a/c de diseño	0.55
Relación a/c de obra	0.55
Proporciones de diseño	1 : 2.17 : 2.24
Proporciones de obra	1 : 2.21 : 2.25
CANTIDAD DE MATERIAL POR m^3 DE CONCRETO EN OBRA	
Cemento	382.00 kg
Arena	828.80 kg
Piedra	853.25 kg
Agua	212 L
CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA	
Cemento	42.50 kg
Arena	93.93 kg
Piedra	95.22 kg
Agua	23.38 L
PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN	
Proporciones	1 : 2.02 : 2.37
Agua	23.38 L/bolsa

Fuente: Propia

c) Diseño de mezclas para un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, Slump 6"

1° Las Propiedades físicas de los agregados se detalla en la *Tabla III-24*.

Tabla III-24: Propiedades Físicas de los Agregados

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	FINO	GRUESO
Peso Unitario Suelto (kg/m^3)	1641	1421
Peso Unitario Compactado (kg/m^3)	1782	1643
Peso Especifico (gr/cm^3)	2.59	2.56
Modulo de Fineza	3.14	7.1
Tamaño Máximo Nominal	-	1"
Contenido de Humedad (%w)	1.87	0.30
Porcentaje de Absorción (%Abs)	0.97	1.36

Fuente: Laboratorio

2° Calculamos la resistencia requerida, según la *Tabla III-25*.

Tabla III-25: Resistencia Requerida

Resistencia Especificada f'_c (kg/cm ²)	Resistencia Requerida f'_{cr} (kg/cm ²)
$f'_c < 210$ kg/cm ²	$f'_{cr} = f'_c + 70$
$210 < f'_c < 350$	$f'_{cr} = f'_c + 85$
$f'_c > 350$	$f'_{cr} = 1.10 * f'_c + 50$

Fuente: ACI 211

- Factor de resistencia requerida:

$$f'_{cr} = 280 + 85 = 365 \frac{kg}{cm^2}$$

3° Cantidad agua y aire atrapado por volumen de concreto. Ver *Tabla III-26*.

Tabla III-26: Cantidad de agua según asentamiento

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua en lt/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.								
	10 mm (3/8")	12.5 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (1½")	50 mm (2")	70 mm (3")	150 mm (6")	
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO									
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125	
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140	
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	--	
Cantidad aproximada de aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2	

Fuente: ACI 211

- El agua que se utilizará según el cuadro N° es 205 lt/m³, pero para el ensayo se utilizó una cantidad de 210 lt/m³, con el fin de obtener un slump de 6" y de esta manera cumpla con la trabajabilidad del concreto.
- El aire atrapado según el tamaño nominal de 1" es de 1.5%.

4° Relación de agua y cemento. Ver *Tabla III-27*.

Tabla III-27: Relación Agua y Cemento

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		RELACIÓN AGUA/CEMENTO (a/c)	
Mpa	(Kg/cm ²)	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
40	408	0.42	-----
35	357	0.47	0.39
30	306	0.54	0.45
25	255	0.61	0.52
20	204	0.69	0.60
15	153	0.69	0.70

Fuente: ACI 211

- Se trabajará con la resistencia requerida, $f'_{cr} = 365 \text{ kg/cm}^2$
- Interpolamos las cifras según la resistencia a la compresión mostradas. Ver Tabla III-28.

Tabla III-28: Interpolación entre resistencia y a/c

f'_{c} (kg/cm ²)	Relación a/c
408	0.42
365	X
357	0.47

Fuente: ACI 211

$$\frac{365 - 408}{365 - 357} = \frac{X - 0.42}{X - 0.47}$$

$$X = 0.46 = 0.50$$

5° Calculamos la cantidad de cemento según la relación a/c

- $\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.50$
- $\text{cemento} = \frac{210}{0.50} = 420 \text{ kg}$

6° Cálculo de la combinación adecuado de los agregados por el método de agregado global. Para esto, utilizaremos el módulo de fineza del agregado fino, del agregado grueso y del agregado global. (A = arena; P = piedra) (Mfa = 3.14; Mfp = 7.61; Mfag = 5.16)

$$\left[\begin{array}{l} M_{fa} \times A + M_{fp} \times P = M_{fag} \dots\dots\dots (1) \\ A + P = 1 \dots\dots\dots (2) \end{array} \right.$$

(2) en (1) $A = 1 - P$

$$3.14 - 3.14P + 7.10P = 5.16$$

$$P = \frac{2.02}{3.96}$$

Piedra = 0.51 = 51%

Arena = 0.49 = 49%

7° Volúmenes Absolutos

- Vol. del cemento = 0.133
- Vol. del agua = 0.21
- Vol. de aire = 0.015
- Volumen parcial = 0.3583

- Vol. del agregado = 1 - 0.3583 = 0.6417

- Vol del agregado = 0.6417 $\left\{ \begin{array}{l} \text{Piedra} = 51\% = 0.327 \\ \text{Arena} = 49\% = 0.314 \end{array} \right.$

8° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener la cantidad por tanda. Ver *Tabla III-29*.

Tabla III-29: Diseño Seco para un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Materiales	Diseño Seco			
	WS	P.E.	Vol Abs	WUS
Cemento	420.00	3150.00	0.1333	1
Agua	210.00	1000.00	0.2100	0.50
Arena	813.26	2590.00	0.3140	1.94
Piedra	837.12	2560.00	0.327	1.99
Aire	1.50%	-	0.015	-

Fuente: Propia

9° Calculamos el agua efectiva de la siguiente manera.

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad en los agregados}$$

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = \text{Peso agregado seco} \times (\%w - \%Abs)$$

$$210 - \left[813.3 * \frac{(1.87 - 0.97)}{100} + 837.12 * \frac{(0.30 - 1.36)}{100} \right] = 211.6 \text{ litros}$$

10° Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Agregado grueso} = 837.9 \times (1 + 0.30 \%) = 840.41 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 814.3 \times (1 + 1.87 \%) = 829.53 \text{ kg}$$

11° Completamos el formato y dividimos en función al peso del cemento para obtener las cantidades relativas por tanda. Ver *Tabla III-30*.

Tabla III-30: Diseño en Obra para un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Materiales	Diseño en Obra			
	WObra	WUO	WUO*42.5	Vol. En pie ³
Cemento	420.00	1	42.50	1
Agua	212.00	0.50	21.25	21.25
Arena	829.53	1.98	83.94	1.81
Piedra	840.41	2.00	85.04	2.11

Fuente: Propia

El diseño de mezclas para un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con un asentamiento de 6", será resumido en la *Tabla III-31*.

Tabla III-31: Resumen para un Diseño de Mezclas $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, Slump 6"

DISEÑO DE MEZCLAS PRELIMINAR ($f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$) CEMENTO QUISQUEYA TIPO I	
CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Denominación	$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
Asentamiento	6"
Relación a/c de diseño	0.50
Relación a/c de obra	0.50
Proporciones de diseño	1 : 1.94 : 1.99
Proporciones de obra	1 : 1.98 : 2.0
CANTIDAD DE MATERIAL POR m^3 DE CONCRETO EN OBRA	
Cemento	420.00 kg
Árena	829.53 kg
Piedra	840.4 kg
Agua	212 L
CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA	
Cemento	42.50 kg
Árena	84.15 kg
Piedra	85.00 kg
Agua	21.25 L
PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN	
Proporciones	1 : 1.81 : 2.11
Agua	21.25 L/bolsa

Fuente: Propia

3.4. Ensayos de corrosión del concreto

La resistencia del concreto frente a los ataques químicos producidos por el sulfato de magnesio, es un problema muy complejo. A causa de esto, se tiene que conocer los factores principales que originan esta patología, con la finalidad de evitar la corrosión del concreto frente a ataques químicos.

Para desarrollar esta investigación, se hizo la consulta a profesionales especializados en temas de concreto y sus patologías, del cual se pudo definir un método de investigación adecuado, con la finalidad de conocer las etapas básicas de la corrosión, así poder determinar las causas de esta patología. Así mismo, observar la reacción de los ataques químicos con el concreto en el laboratorio, tal como puede suceder en un elemento de concreto expuesto en un ambiente agresivo.

La finalidad de esta investigación es desarrollar una técnica, mediante el cual se pueda conocer el plazo de ensayos según el daño que pueda afectar a las muestras. Por tanto, se analizará detalladamente el proceso corrosivo por período, así, se podrá definir las acciones necesarias para mitigar la corrosión en estructuras de concreto.

3.5.1. Corrosión por Sulfato de Magnesio

Para desarrollar esta investigación se ejecutaron dos ensayos, los cuales son: Ensayo por pérdida de peso y el ensayo de resistencia a la compresión, para un período de 14, 21 y 28 días para muestras sumergidas con diferentes cantidades de sulfato de magnesio disuelto en agua.

Previamente, se utilizaron probetas 4x8", esto por las siguientes condiciones:

- Se utilizaron 108 probetas, esto para el ensayo por pérdida de peso y también para el ensayo de resistencia a la compresión.
- Los procesos de corrosión se pueden observar favorablemente en muestras con menor tamaño.
- La trabajabilidad y fácil traslado de las probetas, además, de la economía que favorece al uso de moldes de menor dimensión.

3.5.2. Preparación de probetas de concreto 4x8"

a) Preparación de la mezcla

- 1° Pesar los materiales necesarios para la mezcla: Cemento, agregados, agua, según la tanda diseñada por cada dosificación.
- 2° Colocar los agregados en la mezcladora, combinarlos aproximadamente de 2 a 3 minutos.
- 3° Colocar el cemento en la mezcladora, combinarlos por 2 minutos aproximadamente, con la finalidad de obtener una combinación homogénea de los materiales.
- 4° Agregar agua paulatinamente, así evitaremos los grumos en la mezcla.
- 5° Verificar que la mezcla este óptimamente homogeneizada, procedemos a llenar los moldes de PVC 4x8".

b) Vaciado en moldes PVC 4x8”

1° Se llena el molde en 3 capas, se utilizará una varilla para poder compactar con 25 golpes por capa, tal como indica la norma (NTP 339.034)

2° Al vaciar las 3 capas, enrasar con la varilla uniformizando la parte superior de la probeta.

c) Desmolde de las muestras

1° Una vez vaciadas todas las probetas, colocarlas en una superficie horizontal, evitando movimientos bruscos, así mismo, el ambiente debe ser estable, con el fin de no alterar las muestras.

2° Retirar las muestras del molde después de 16 horas como mínimo de la hora del vaciado.

d) Curado y exposición de Sulfato de Magnesio

Una vez retiradas del molde, pesar las muestras y sumergirlas en agua con una cantidad de sulfatos solubles de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit, para un periodo de 14, 21 y 28 días. Así mismo se utilizaron probetas con un proceso de curado normal en aguas saturadas con cal; las cuales serán comparadas con las muestras expuestas a diferentes cantidades de sulfatos.

Para dividir e identificar las probetas expuestas a diferentes cantidades de sulfatos, se utilizó recipientes herméticos #50, con la finalidad de observar favorablemente el proceso corrosivo.

3.5.3. Ensayo por Pérdida de Peso

Determinar el proceso corrosivo de las muestras expuestas a diferentes cantidades de sulfatos, en base a la diferencia de pesos y muestras de deterioro.

a) Proceso de ensayo

- Secado a temperatura, estado superficialmente seco, a temperatura ambiente durante 20 horas como mínimo.
- Pesar las muestras secas, detalladamente anotar los datos especificando dosificación, cantidad de sulfatos y tiempo de exposición.
- Calcular las variaciones según los pesos obtenidos antes y después de la exposición a sulfatos.

3.5.4. Ensayo de Resistencia a la Compresión para 14, 21 y 28 días

Determinar la corrosión en probetas de concreto mediante el ensayo de rotura, para las muestras expuestas a diferentes cantidades de sulfato de magnesio 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50 000 mg/lt para un período de 14, 21 y 28 días de tal manera determinar la resistencia a la compresión de las muestras y determinar la variación de las mismas comparándolo con nuestras muestras patrón.

Los pasos para el ensayo de rotura son:

- Capeado de las muestras de concreto 4x8"
- Dejar secar por un mínimo de 30 minutos
- Rotura de las muestras 4x8" en la máquina de compresión.
- Anotar los datos y calcular la resistencia obtenida en el ensayo.

3.5.5. Relación de Tablas y Gráficos por Perdida de Peso

- a) **Relación de tablas para una dosificación a/c = 0.60, 0.55, 0.50, con una concentración de sulfatos A=1400 mg/lt, B= 9500 mg/lt y C= 50 000 mg/lt**
- **Para 14 días de exposición de sulfatos solubles**
 - Ensayo por pérdida de peso para 12 probetas 4x8" con una dosificación a/c=0.60, para un período corrosivo de 14 días. Ver *Tabla III-32*.

Tabla III-32: Pérdida de Peso para un a/c= 0.60 días a 14 días

a/c = 0.60					
PROBETAS		PESO DE MUESTRA (gr.)		DIFERENCIA PESO (gr.)	VARIACIÓN (%)
		Inicial	14 días		
1.	S/S 210	3850.5	3849.0	-1.5	0.04
2.	S/S 210	3948.0	3945.5	-2.5	0.06
3.	S/S 210	3850.5	3849.5	-1.0	0.03
4.	A 210	3847.5	3844.0	-3.5	0.09
5.	A 210	3949.5	3947.5	-2.0	0.05
6.	A 210	3945.0	3943.0	-2.0	0.05
7.	B 210	3885.5	3879.5	-6.0	0.15
8.	B 210	3892.0	3887.5	-4.5	0.12
9.	B 210	3849.5	3841.5	-8.0	0.21
10.	C 210	3828.5	3815.0	-13.5	0.35
11.	C 210	3934.5	3924.0	-10.5	0.27
12.	C 210	3948.0	3934.0	-14.0	0.35

Fuente: Propia

- Ensayo por pérdida de peso para 12 probetas 4x8” con una dosificación $a/c=0.55$, para un período corrosivo de 14 días. Ver *Tabla III-33*.

Tabla III-33: Pérdida de Peso para un $a/c= 0.55$ días a 14 días

a/c = 0.55					
PROBETAS		PESO DE MUESTRA (gr.)		DIFERENCIA PESO (gr.)	VARIACIÓN (%)
		Inicial	14 días		
1.	S/S 245	3905.0	3902.0	-3.0	0.08
2.	S/S 245	3847.5	3847.0	-0.5	0.01
3.	S/S 245	3852.0	3850.0	-2.0	0.05
4.	A 245	3910.5	3905.5	-5.0	0.13
5.	A 245	3788.5	3787.0	-1.5	0.04
6.	A 245	3934.5	3931.5	-3.0	0.08
7.	B 245	3828.5	3823.0	-5.5	0.14
8.	B 245	3892.0	3883.5	-8.5	0.22
9.	B 245	3898.5	3891.5	-7.0	0.18
10.	C 245	3945.5	3935.5	-10.0	0.25
11.	C 245	3847.0	3835.0	-12.0	0.31
12.	C 245	3892.0	3883.0	-9.0	0.23

Fuente: Propia

- Ensayo por pérdida de peso para 12 probetas 4x8” con una dosificación $a/c=0.50$, para un período corrosivo de 14 días. Ver *Tabla III-34*.

Tabla III-34: Pérdida de Peso para un $a/c= 0.50$ días a 14 días

a/c = 0.50					
PROBETAS		PESO DE MUESTRA (gr.)		DIFERENCIA PESO (gr.)	VARIACIÓN (%)
		Inicial	14 días		
1.	S/S 280	3945.5	3943.5	-2.0	0.05
2.	S/S 280	3847.0	3843.5	-3.5	0.09
3.	S/S 280	3892.0	3891.5	-0.5	0.01
4.	A 280	3828.5	3824.0	-4.5	0.12
5.	A 280	3870.5	3868.5	-2.0	0.05
6.	A 280	3905.5	3901.5	-4.0	0.10
7.	B 280	3905.5	3901.5	-4.0	0.10
8.	B 280	3842.0	3835.5	-6.5	0.17
9.	B 280	3902.5	3896.5	-6.0	0.15
10.	C 280	3910.5	3902.5	-8.0	0.20
11.	C 280	3788.5	3781.5	-7.0	0.18
12.	C 280	3949.5	3940.0	-9.5	0.24

Fuente: Propia

- **Para 21 días de exposición de sulfatos solubles**
- Ensayo por pérdida de peso para 12 probetas 4x8” con una dosificación $a/c=0.60$, para un período corrosivo de 21 días. Ver *Tabla III-35*

Tabla III-35: Pérdida de Peso para un $a/c= 0.60$ días a 21 días

a/c = 0.55					
PROBETAS		PESO DE MUESTRA (gr.)		DIFERENCIA PESO (gr.)	VARIACIÓN (%)
		Inicial	14 días		
1.	S/S 245	3905.0	3902.0	-3.0	0.08
2.	S/S 245	3847.5	3847.0	-0.5	0.01
3.	S/S 245	3852.0	3850.0	-2.0	0.05
4.	A 245	3910.5	3905.5	-5.0	0.13
5.	A 245	3788.5	3787.0	-1.5	0.04
6.	A 245	3934.5	3931.5	-3.0	0.08
7.	B 245	3828.5	3823.0	-5.5	0.14
8.	B 245	3892.0	3883.5	-8.5	0.22
9.	B 245	3898.5	3891.5	-7.0	0.18
10.	C 245	3945.5	3935.5	-10.0	0.25
11.	C 245	3847.0	3835.0	-12.0	0.31
12.	C 245	3892.0	3883.0	-9.0	0.23

Fuente: Propia

- Ensayo por pérdida de peso para 12 probetas 4x8” con una dosificación $a/c=0.55$, para un período corrosivo de 21 días. Ver *Tabla III-36*.

Tabla III-36: Pérdida de Peso para un $a/c= 0.55$ días a 21 días

a/c = 0.55					
PROBETAS		PESO DE MUESTRA (gr.)		DIFERENCIA PESO (gr.)	VARIACIÓN (%)
		Inicial	21 días		
1.	S/S 245	3850.5	3849.0	-1.5	0.04
2.	S/S 245	3847.5	3844.5	-3.0	0.08
3.	S/S 245	3852.0	3851.0	-1.0	0.03
4.	A 245	3910.5	3905.0	-5.5	0.14
5.	A 245	3788.5	3784.5	-4.0	0.11
6.	A 245	3910.5	3906.0	-4.5	0.12
7.	B 245	3934.5	3925.5	-9.0	0.23
8.	B 245	3828.5	3821.5	-7.0	0.18
9.	B 245	3892.0	3884.5	-7.5	0.19
10.	C 245	3847.5	3834.0	-13.5	0.35
11.	C 245	3949.5	3932.5	-17.0	0.43
12.	C 245	3945.0	3933.0	-12.0	0.30

Fuente: Propia

- Ensayo por pérdida de peso para 12 probetas 4x8” con una dosificación $a/c=0.50$, para un período corrosivo de 21 días. Ver *Tabla III-37*.

Tabla III-37: Pérdida de Peso para un $a/c= 0.50$ días a 21 días

a/c = 0.50					
PROBETAS		PESO DE MUESTRA (gr.)		DIFERENCIA PESO (gr.)	VARIACIÓN (%)
		Inicial	21 días		
1.	S/S 280	3905.5	3903.0	-2.5	0.06
2.	S/S 280	3842.0	3841.5	-0.5	0.01
3.	S/S 280	3902.5	3900.5	-2.0	0.05
4.	A 280	3892.0	3890.5	-1.5	0.04
5.	A 280	3898.5	3895.5	-3.0	0.08
6.	A 280	3945.5	3944.5	-1.0	0.03
7.	B 280	3847.0	3842.0	-5.0	0.13
8.	B 280	3902.5	3895.0	-7.5	0.19
9.	B 280	3937.5	3931.0	-6.5	0.17
10.	C 280	3788.5	3781.5	-7.0	0.18
11.	C 280	3938.0	3928.5	-9.5	0.24
12.	C 280	3828.5	3822.5	-6.0	0.16

Fuente: Propia

- **Para 28 días de exposición de sulfatos solubles**
- Ensayo por pérdida de peso para 12 probetas 4x8” con una dosificación $a/c=0.60$, para un período corrosivo de 28 días.

Tabla III-38: Pérdida de Peso para un $a/c= 0.60$ días a 28 días

a/c = 0.60					
PROBETAS		PESO DE MUESTRA (gr.)		DIFERENCIA PESO (gr.)	VARIACIÓN (%)
		Inicial	28 días		
1.	S/S 210	3848.5	3846.5	-2.0	0.05
2.	S/S 210	3900.0	3899.0	-1.0	0.03
3.	S/S 210	3870.5	3866.5	-4.0	0.10
4.	A 210	3905.5	3899.5	-6.0	0.15
5.	A 210	3842.0	3834.5	-7.5	0.20
6.	A 210	3902.5	3898.0	-4.5	0.12
7.	B 210	3937.5	3928.5	-9.0	0.23
8.	B 210	3788.5	3780.0	-8.5	0.22
9.	B 210	3938.0	3927.0	-11.0	0.28
10.	C 210	3847.5	3821.0	-26.5	0.69
11.	C 210	3852.0	3832.0	-20.0	0.52
12.	C 210	3910.5	3887.5	-23.0	0.59

Fuente: Propia

- Ensayo por pérdida de peso para 12 probetas 4x8” con una dosificación $a/c=0.55$, para un período corrosivo de 28 días. Ver *Tabla III-39*.

Tabla III-39: Pérdida de Peso para un $a/c= 0.55$ días a 28 días

a/c = 0.55					
PROBETAS		PESO DE MUESTRA (gr.)		DIFERENCIA PESO (gr.)	VARIACIÓN (%)
		Inicial	28 días		
1.	S/S 245	3850.5	3850.0	-0.5	0.01
2.	S/S 245	3842.0	3838.5	-3.5	0.09
3.	S/S 245	3902.5	3901.5	-1.0	0.03
4.	A 245	3937.5	3932.0	-5.5	0.14
5.	A 245	3892.0	3885.0	-7.0	0.18
6.	A 245	3898.5	3895.5	-3.0	0.08
7.	B 245	3945.5	3939.0	-6.5	0.16
8.	B 245	3788.5	3776.0	-12.5	0.33
9.	B 245	3910.5	3901.5	-9.0	0.23
10.	C 245	3892.0	3876.0	-16.0	0.41
11.	C 245	3898.5	3881.0	-17.5	0.45
12.	C 245	3945.5	3934.5	-11.0	0.28

Fuente: Propia

- Ensayo por pérdida de peso para 12 probetas 4x8” con una dosificación $a/c=0.50$, para un período corrosivo de 28 días. Ver *Tabla III-40*.

Tabla III-40: Pérdida de Peso para un $a/c= 0.50$ días a 28 días

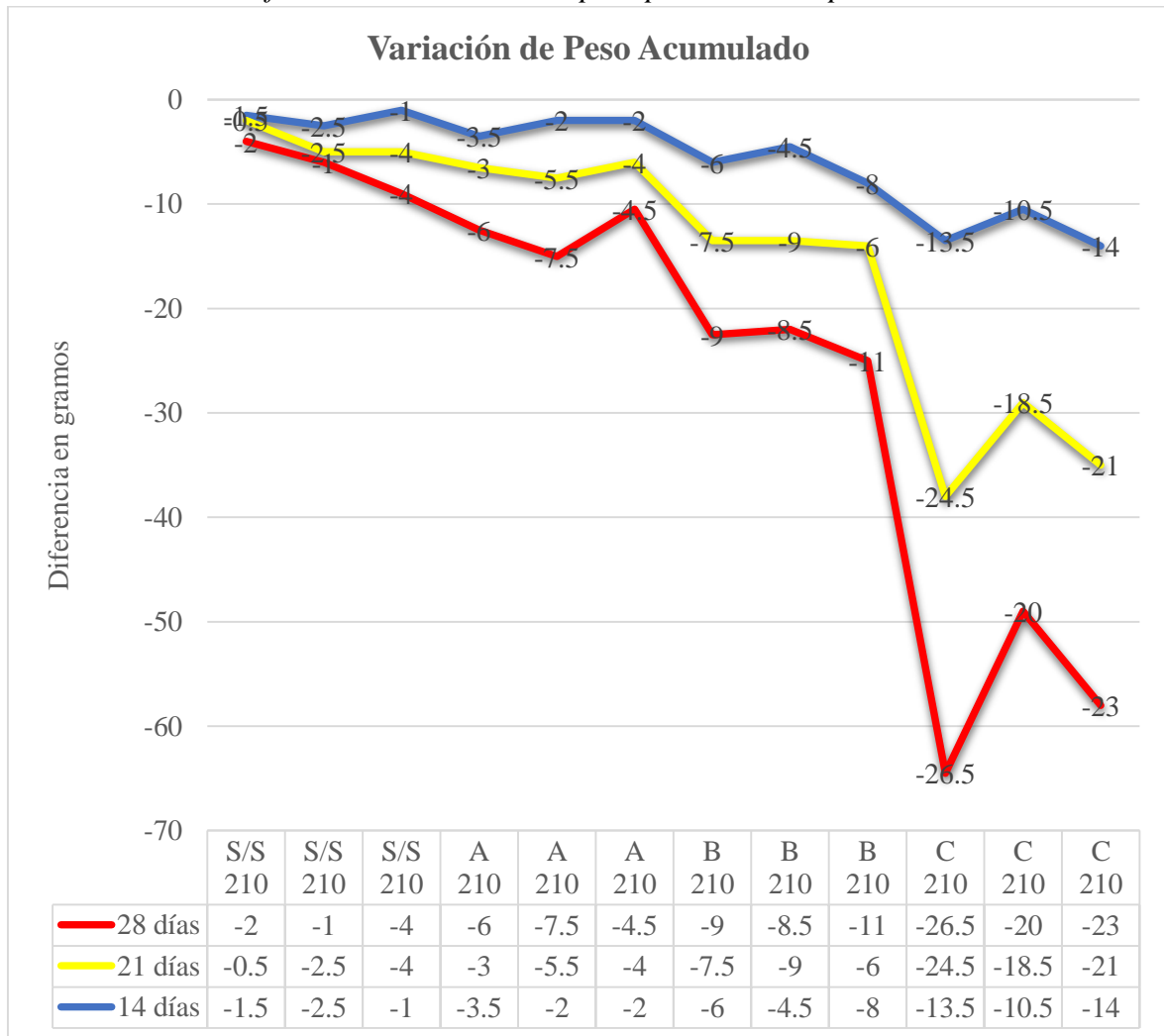
a/c = 0.50					
PROBETAS		PESO DE MUESTRA (gr.)		DIFERENCIA PESO (gr.)	VARIACIÓN (%)
		Inicial	28 días		
1.	S/S 280	3847.5	3844.0	-3.5	0.09
2.	S/S 280	3852.0	3851.0	-1.0	0.03
3.	S/S 280	3910.5	3908.0	-2.5	0.06
4.	A 280	3938.0	3930.5	-7.5	0.19
5.	A 280	3828.5	3822.5	-6.0	0.16
6.	A 280	3902.5	3898.0	-4.5	0.12
7.	B 280	3937.5	3929.0	-8.5	0.22
8.	B 280	3788.5	3783.5	-5.0	0.13
9.	B 280	3938.0	3934.0	-4.0	0.10
10.	C 280	3902.5	3893.0	-9.5	0.24
11.	C 280	3825.5	3814.0	-11.5	0.30
12.	C 280	3905.0	3897.0	-8.0	0.20

Fuente: Propia

b) Relación de gráficos para una dosificación a/c = 0.60, 0.55, 0.50, con una concentración de sulfatos A=1400 mg/lt, B= 9500 mg/lt y C= 50 000 mg/lt

- Pérdida de peso por efecto del sulfato de magnesio para una dosificación a/c = 0.60, con un período de exposición a MgSO4 soluble de 14, 21 y 28 días. Ver Gráfico III-4.

Gráfico III -4: Variación de peso por corrosión para un a/c=0.60

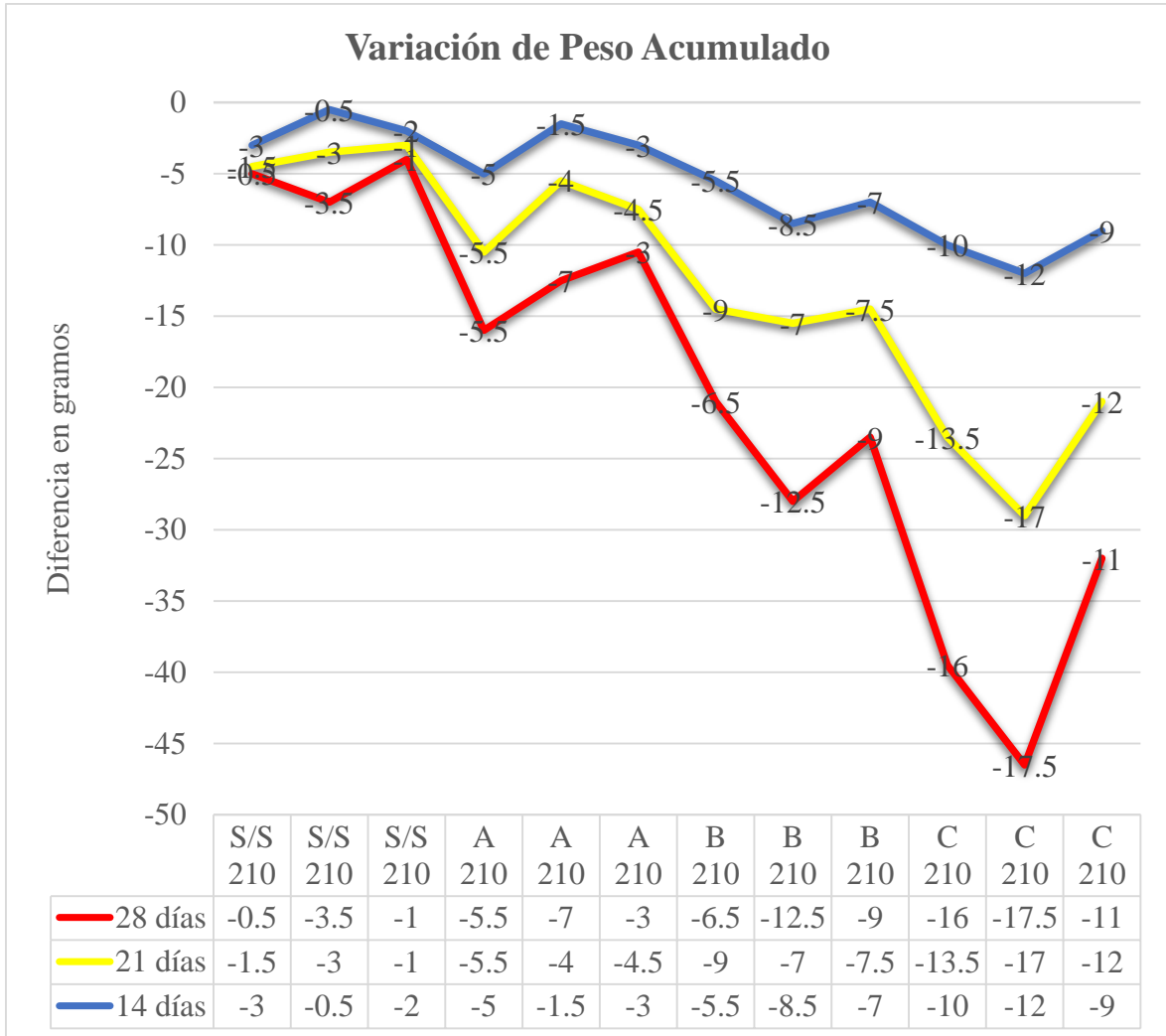


Fuente: Propia

En el Gráfico III-4, se puede apreciar notoriamente la pérdida de peso por deterioro en una dosificación a/c = 0.60, esto sucede por el tiempo de exposición de las probetas, las variaciones más evidentes son por los diferentes contenidos de las sales que existen por recipiente.

- Pérdida de peso por efecto del sulfato de magnesio para una dosificación $a/c = 0.55$, con un período de exposición a $MgSO_4$ soluble de 14, 21 y 28 días. Ver *Gráfico III-5*.

Gráfico III-5: Variación de peso por corrosión para un $a/c=0.55$

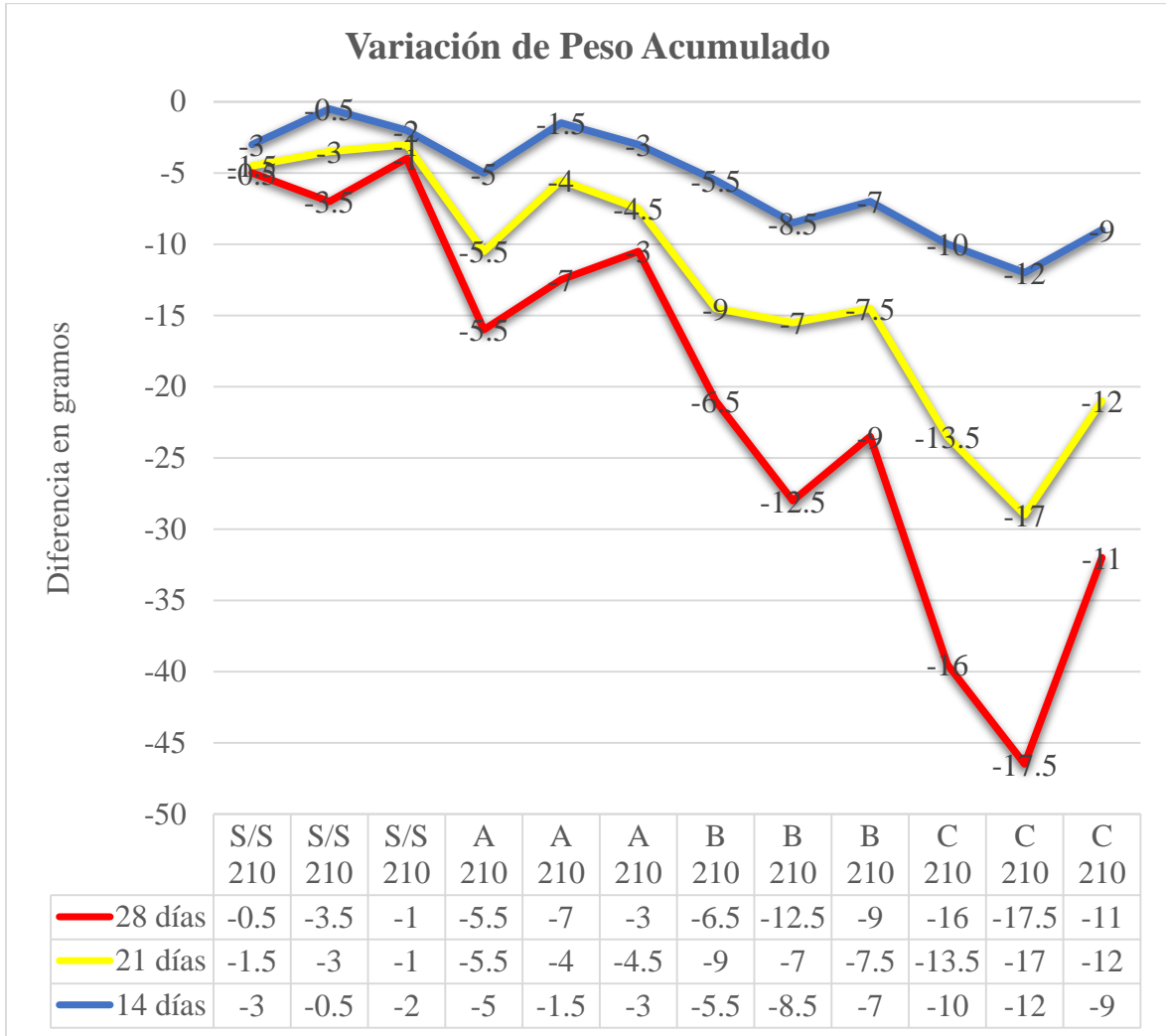


Fuente: Propia

En el *Gráfico III-5*, se puede apreciar notoriamente la pérdida de peso por desgaste en una dosificación $a/c = 0.55$, esto sucede por el tiempo de exposición de las probetas, las variaciones más evidentes son por los diferentes contenidos de las sales que existen por recipiente.

- Pérdida de peso por efecto del sulfato de magnesio para una dosificación $a/c = 0.50$, con un período de exposición a $MgSO_4$ soluble de 14, 21 y 28 días. Ver *Gráfico III-6*.

Gráfico III-6: Variación de peso por corrosión para un $a/c=0.50$

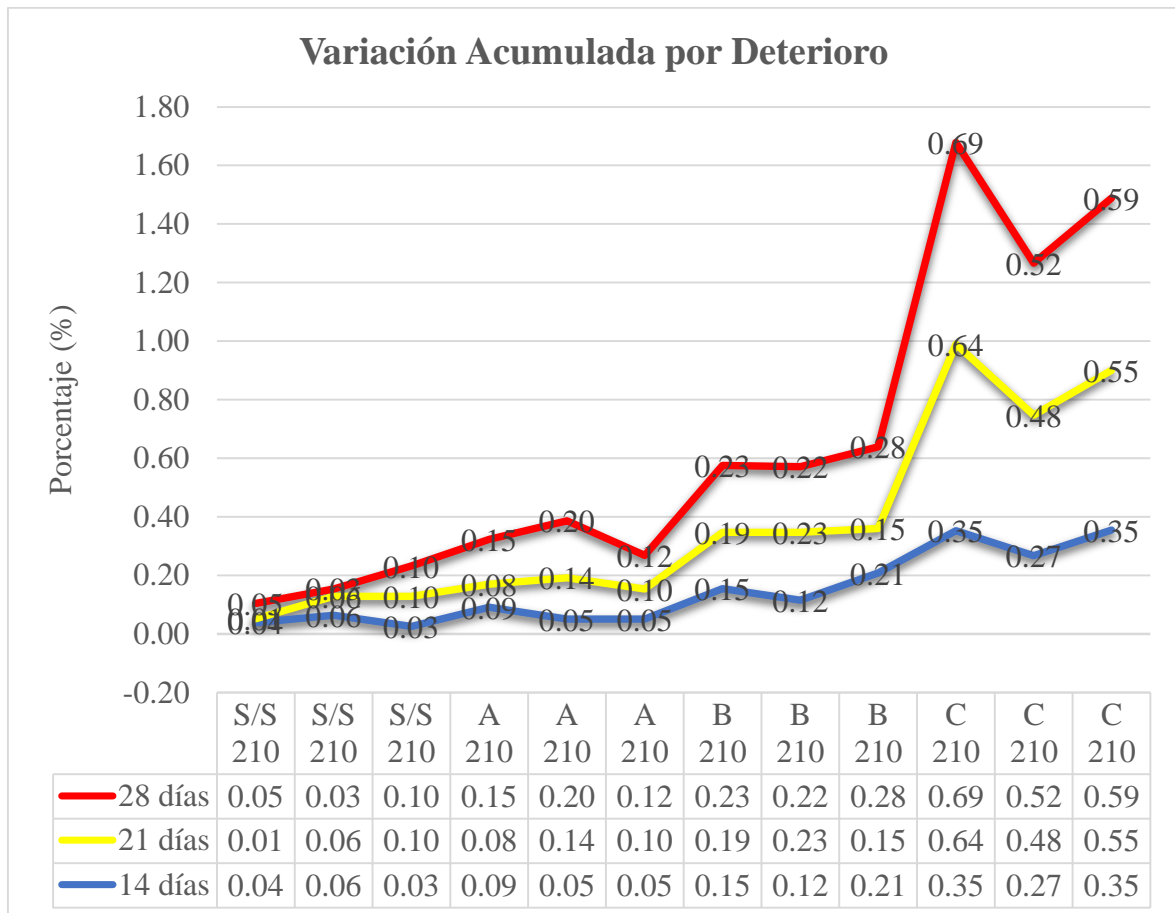


Fuente: Propia

En el *Gráfico III-6*, se observa el deterioro de las muestras diseñadas con una dosificación $a/c = 0.50$, la variación es evidente, pero a diferencias de las dosificaciones anteriores, las cifras son menores, por tanto, es menos notable la corrosión por sulfatos para una relación $a/c = 0.50$. Esta patología sucede por el tiempo de exposición de las probetas, así como también, por los diferentes contenidos de las sales que existen por recipiente.

- c) **Relación de gráficos para una dosificación a/c = 0.60, 0.55, 0.50, con una concentración de sulfatos A=1400 mg/lit, B= 9500 mg/lit y C= 50 000 mg/lit**
- Variación por deterioro para una dosificación a/c = 0.60, con un período de exposición a MgSO4 soluble de 14, 21 y 28 días. Ver *Gráfico III-7*.

Gráfico III-7: Variación porcentual por deterioro para un a/c=0.60

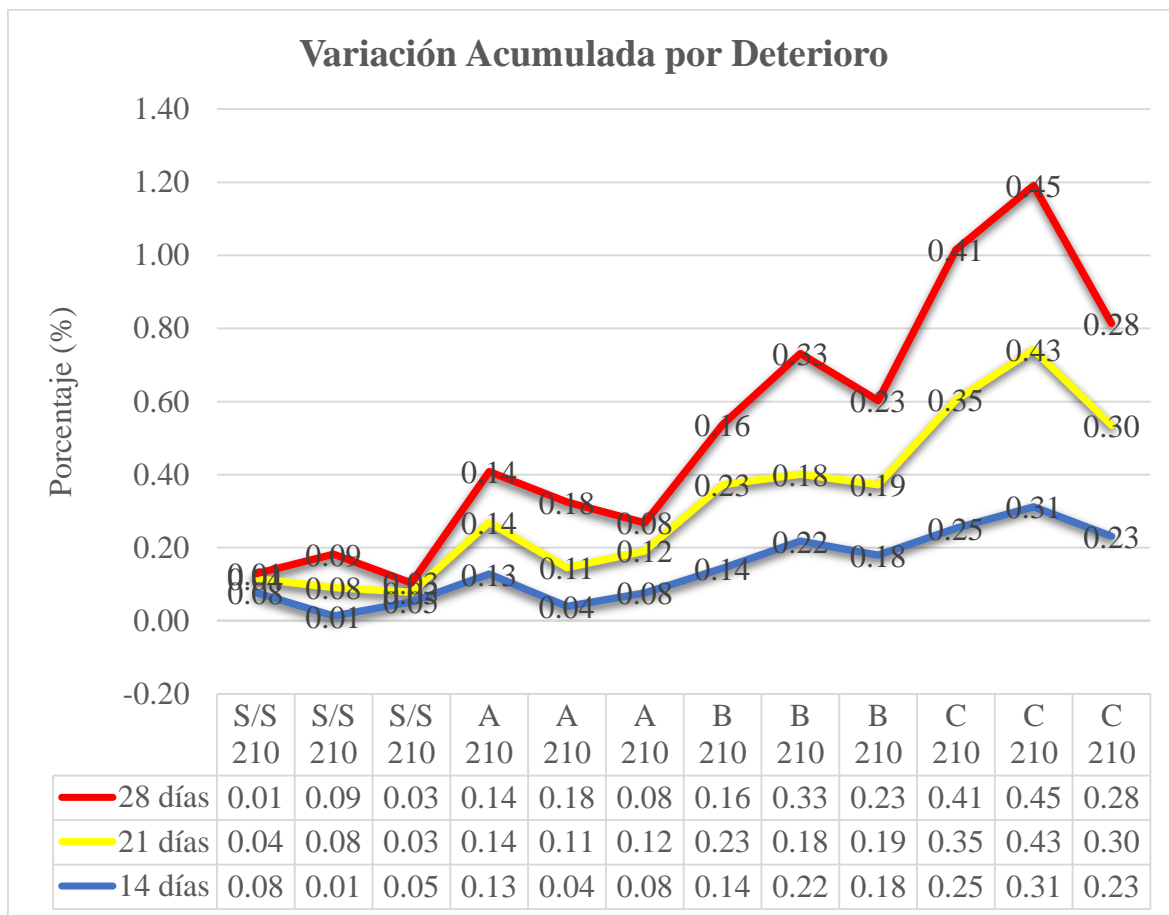


Fuente: Propia

En el *Gráfico III-7*, se observa el deterioro de las muestras diseñadas con una dosificación a/c = 0.60, la variación que es evidente, sucede por el tiempo de exposición de las probetas, así como también, por los diferentes contenidos de las sales que existen por recipiente.

- Variación por deterioro para una dosificación $a/c = 0.55$, con un período de exposición a $MgSO_4$ soluble de 14, 21 y 28 días. Ver *Gráfico III-8*.

Gráfico III-8: Variación porcentual por deterioro para un $a/c=0.55$

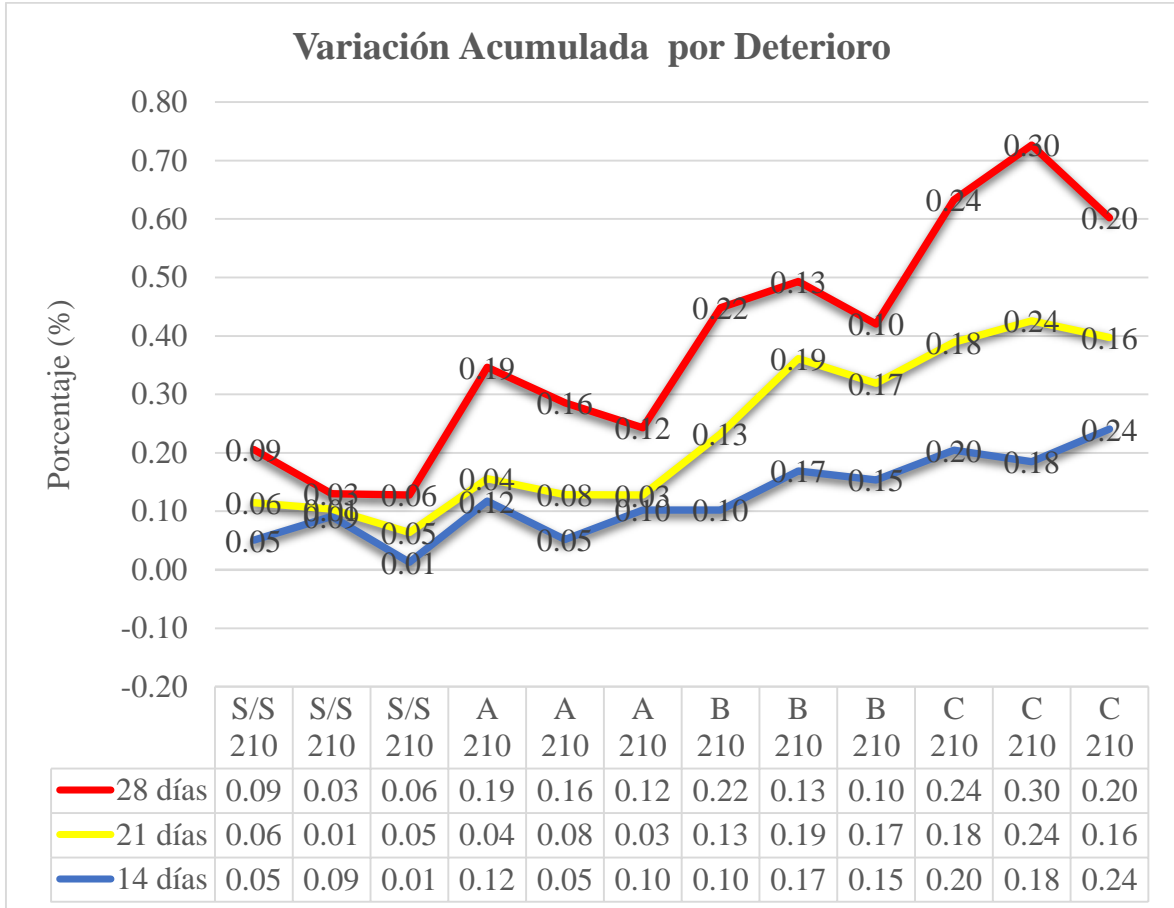


Fuente: Propia

En el *Gráfico III-8*, se observa el deterioro de las muestras diseñadas con una dosificación $a/c = 0.55$, la variación que es evidente, sucede por el tiempo de exposición de las probetas, así como también, por los diferentes contenidos de las sales que existen por recipiente.

- Variación por deterioro para una dosificación $a/c = 0.50$, con un período de exposición a $MgSO_4$ soluble de 14, 21 y 28 días. Ver *Gráfico III-9*.

Gráfico III-9: Variación porcentual por deterioro para un $a/c=0.50$



Fuente: Propia

En el *Gráfico III-9*, se observa el deterioro de las muestras diseñadas con una dosificación $a/c = 0.50$, la variación es evidente, pero a diferencias de las dosificaciones anteriores, es menos notable la corrosión por sulfatos en una relación $a/c = 0.50$. Esta patología sucede por el tiempo de exposición de las probetas, así como también, por los diferentes contenidos de las sales que existen por recipiente.

3.5.6. Relación de Tablas y Gráficos por Esfuerzo a la Compresión

- a) **Relación de tablas para una dosificación $a/c = 0.60, 0.55, 0.50$, con una concentración de sulfatos $A=1400 \text{ mg/lt}$, $B= 9500 \text{ mg/lt}$ y $C= 50\ 000 \text{ mg/lt}$**
- **Para 14 días de exposición de sulfato soluble**
 - Ensayo de rotura para una relación $a/c = 0.60$, para un período de 14 días.
Ver *Tabla III-41*.

Tabla III-41: Esfuerzo a la compresión para una relación $a/c=0.60$, a 14 días

NTP 339.034		ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				
N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	S/S 210	01/11/2018	19/11/2018	79.90	31026	388.31
2	S/S 210	01/11/2018	19/11/2018	79.60	32069	402.88
3	S/S 210	01/11/2018	19/11/2018	80.00	32213	402.66
4	A 210	01/11/2018	19/11/2018	79.33	29617	373.35
5	A 210	01/11/2018	19/11/2018	79.80	28405	355.94
6	A 210	01/11/2018	19/11/2018	79.33	28383	357.80
7	B 210	01/11/2018	19/11/2018	78.70	25755	327.27
8	B 210	01/11/2018	19/11/2018	79.17	27558	348.09
9	B 210	01/11/2018	19/11/2018	79.33	26514	334.24
10	C 210	01/11/2018	19/11/2018	79.01	23314	295.07
11	C 210	01/11/2018	19/11/2018	78.85	20358	258.17
12	C 210	01/11/2018	19/11/2018	78.85	24969	316.65

Fuente: Laboratorio

En la *Tabla III-41*, se observa los ensayos por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8", para una relación $a/c = 0.60$, por un período de 14 días expuestos a diferentes cantidades de sulfatos. Así mismo, podemos verificar las variaciones existentes a comparación de las muestras patrón, estas variaciones disminuyen con el transcurso de días y también con las diferentes cantidades de sulfatos a las que fueron expuestas las probetas.

- Ensayo de rotura para una relación a/c = 0.55, para un período de 14 días.
Ver *Tabla III-42*.

Tabla III-42: Esfuerzo a la compresión para una relación a/c=0.55 a 14 días

NTP 339.034		ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				
Nº	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	S/S 245	01/11/2018	19/11/2018	79.20	20765	262.18
2	S/S 245	01/11/2018	19/11/2018	78.80	22132	280.86
3	S/S 245	01/11/2018	19/11/2018	78.50	25327	322.64
4	A 245	01/11/2018	19/11/2018	80.00	24706	308.83
5	A 245	01/11/2018	19/11/2018	78.40	26357	336.19
6	A 245	01/11/2018	19/11/2018	78.85	25358	321.60
7	B 245	01/11/2018	19/11/2018	79.80	24233	303.67
8	B 245	01/11/2018	19/11/2018	79.00	21388	270.73
9	B 245	01/11/2018	19/11/2018	78.80	27206	345.25
10	C 245	01/11/2018	19/11/2018	80.20	23288	290.37
11	C 245	01/11/2018	19/11/2018	79.50	22495	282.96
12	C 245	01/11/2018	19/11/2018	78.80	18795	238.52

Fuente: Laboratorio

En la *Tabla III-42*, se observa los ensayos por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8" para una relación a/c = 0.55, por un período de 14 días expuestos a diferentes cantidades de sulfatos. Así mismo, podemos verificar las variaciones existentes a comparación de las muestras patrón, estas variaciones disminuyen con el transcurso de días y también con las diferentes cantidades de sulfatos a las que fueron expuestas las probetas.

- Ensayo de rotura para una relación $a/c = 0.50$, para un período de 14 días.
Ver *Tabla III-43*.

Tabla III-43: Esfuerzo a la compresión para una relación $a/c=0.50$ a 14 días

NTP 339.034		ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				
Nº	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	S/S 280	02/11/2018	19/11/2018	79.10	28403	359.08
2	S/S 280	02/11/2018	19/11/2018	78.50	29041	369.95
3	S/S 280	02/11/2018	19/11/2018	79.60	27121	340.72
4	A 280	02/11/2018	19/11/2018	79.20	27546	347.80
5	A 280	02/11/2018	19/11/2018	79.80	26079	326.80
6	A 280	02/11/2018	19/11/2018	79.60	25565	321.17
7	B 280	02/11/2018	19/11/2018	78.70	27952	355.17
8	B 280	02/11/2018	19/11/2018	79.30	26907	339.31
9	B 280	02/11/2018	19/11/2018	79.70	24776	310.87
10	C 280	02/11/2018	19/11/2018	80.00	24425	305.31
11	C 280	02/11/2018	19/11/2018	79.20	24756	312.58
12	C 280	02/11/2018	19/11/2018	78.80	24287	308.21

Fuente: Laboratorio

En la *Tabla III-43*, se observa los ensayos por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8" para una relación $a/c = 0.50$, por un período de 14 días expuestos a diferentes cantidades de sulfatos. Así mismo, podemos verificar las variaciones existentes a comparación de las demás dosificaciones, en esta situación, el deterioro de las probetas es menor, posiblemente, por la influencia de la relación a/c . Las muestras disminuyen su resistencia con el transcurso de días y también por las diferentes cantidades de sulfatos a las que fueron expuestas las probetas.

- **Para 21 días de exposición de sulfato soluble**
- Ensayo de rotura para una relación a/c = 0.60, para un período de 21 días.
Ver *Tabla III-44*

Tabla III-44: Esfuerzo a la compresión para una relación a/c=0.60, a 21 días

NTP 339.034		ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				
N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	S/S 210	01/11/2018	19/11/2018	81.60	31026	380.22
2	S/S 210	01/11/2018	19/11/2018	80.70	32069	397.39
3	S/S 210	01/11/2018	19/11/2018	79.30	32213	406.22
4	A 210	01/11/2018	19/11/2018	80.80	31584	390.89
5	A 210	01/11/2018	19/11/2018	80.10	27787	346.90
6	A 210	01/11/2018	19/11/2018	80.80	30168	373.37
7	B 210	01/11/2018	19/11/2018	79.10	24840	314.03
8	B 210	01/11/2018	19/11/2018	78.90	29926	379.29
9	B 210	01/11/2018	19/11/2018	79.50	27623	347.46
10	C 210	01/11/2018	19/11/2018	80.10	25859	322.83
11	C 210	01/11/2018	19/11/2018	79.50	25194	316.91
12	C 210	01/11/2018	19/11/2018	78.90	27621	350.08

Fuente: Laboratorio

En la *Tabla III-44*, se observa los ensayos por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8", para una relación a/c = 0.60, por un período de 21 días expuestos a diferentes cantidades de sulfatos. Así mismo, podemos verificar las variaciones existentes a comparación de las muestras patrón, estas variaciones disminuyen con el transcurso de días y también con las diferentes cantidades de sulfatos a las que fueron expuestos las probetas.

- Ensayo de rotura para una relación a/c = 0.55, para un período de 21 días.

Tabla III-45: Esfuerzo a la compresión para una relación a/c=0.55 a 21 días

NTP 339.034		ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				
N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	S/S 245	01/11/2018	19/11/2018	80.00	25626	320.33
2	S/S 245	01/11/2018	19/11/2018	80.00	27297	341.21
3	S/S 245	01/11/2018	19/11/2018	79.20	29515	372.66
4	A 245	01/11/2018	19/11/2018	79.90	25538	319.62
5	A 245	01/11/2018	19/11/2018	79.10	22810	288.37
6	A 245	01/11/2018	19/11/2018	79.50	25038	314.94
7	B 245	01/11/2018	19/11/2018	79.60	28887	362.90
8	B 245	01/11/2018	19/11/2018	79.70	25722	322.74
9	B 245	01/11/2018	19/11/2018	79.30	22574	284.67
10	C 245	01/11/2018	19/11/2018	80.00	22699	283.74
11	C 245	01/11/2018	19/11/2018	79.20	24052	303.69
12	C 245	01/11/2018	19/11/2018	79.00	22221	281.28

Fuente: Laboratorio

En la *Tabla III-45*, se observa los ensayos por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8", para una relación a/c = 0.55, por un período de 21 días expuestos a diferentes cantidades de sulfatos. Así mismo, podemos verificar las variaciones existentes a comparación de las muestras patrón, estas variaciones disminuyen con el transcurso de días y también con las diferentes cantidades de sulfatos a las que fueron expuestos las probetas.

-

- Ensayo de rotura para una relación a/c = 0.50, para un período de 21 días.

Ver *Tabla III-46*

Tabla III-46: Esfuerzo a la compresión para una relación a/c=0.50 a 21 días

NTP 339.034		ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				
N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	S/S 280	02/11/2018	19/11/2018	80.20	28403	354.15
2	S/S 280	02/11/2018	19/11/2018	80.80	29041	359.42
3	S/S 280	02/11/2018	19/11/2018	80.00	27121	339.01
4	A 280	02/11/2018	19/11/2018	78.50	27546	350.90
5	A 280	02/11/2018	19/11/2018	78.00	26079	334.35
6	A 280	02/11/2018	19/11/2018	78.20	25565	326.92
7	B 280	02/11/2018	19/11/2018	79.20	27952	352.93
8	B 280	02/11/2018	19/11/2018	79.30	26907	339.31
9	B 280	02/11/2018	19/11/2018	78.90	24776	314.02
10	C 280	02/11/2018	19/11/2018	79.30	24425	308.01
11	C 280	02/11/2018	19/11/2018	78.20	24756	316.57
12	C 280	02/11/2018	19/11/2018	79.00	24287	307.43

Fuente: Laboratorio

En la *Tabla III-46*, se observa los ensayos por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8" para una relación a/c = 0.50, por un período de 21 días expuestos a diferentes cantidades de sulfatos. Así mismo, podemos verificar las variaciones existentes a comparación de las demás dosificaciones, en esta situación, el deterioro de las probetas es menor, posiblemente, por la influencia de la relación a/c. Las muestras disminuyen su resistencia con el transcurso de días y también por las diferentes cantidades de sulfatos a las que fueron expuestas las probetas.

- **Para 28 días de exposición de sulfato soluble**
- Ensayo de rotura para una relación $a/c = 0.60$, para un período de 28 días.
Ver *Tabla III-47*.

Tabla III-47: Esfuerzo a la compresión para una relación $a/c=0.60$ a 28 días

NTP 339.034		ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				
N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	S/S 210	01/11/2018	30/11/2018	78.50	34459	438.97
2	S/S 210	01/11/2018	30/11/2018	78.50	31950	407.01
3	S/S 210	01/11/2018	30/11/2018	78.50	32344	412.03
4	A 210	01/11/2018	30/11/2018	77.80	30753	395.28
5	A 210	01/11/2018	30/11/2018	77.80	34576	444.42
6	A 210	01/11/2018	30/11/2018	77.80	32309	415.28
7	B 210	01/11/2018	30/11/2018	78.50	31956	407.08
8	B 210	01/11/2018	30/11/2018	77.80	28818	370.41
9	B 210	01/11/2018	30/11/2018	77.80	28992	372.65
10	C 210	01/11/2018	30/11/2018	79.30	28534	359.82
11	C 210	01/11/2018	30/11/2018	78.50	25966	330.78
12	C 210	01/11/2018	30/11/2018	77.80	26644	342.47

Fuente: Laboratorio

En la *Tabla III-47*, se observa los ensayos por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8", para una relación $a/c = 0.60$, por un período de 28 días expuestos a diferentes cantidades de sulfatos. Así mismo, podemos verificar las variaciones existentes a comparación de las muestras patrón, estas variaciones disminuyen con el transcurso de días y también con las diferentes cantidades de sulfatos a las que fueron expuestas las probetas.

- Ensayo de rotura para una relación $a/c = 0.55$, para un período de 28 días.
Ver *Tabla III-48*.

Tabla III-48: Esfuerzo a la compresión para una relación $a/c=0.55$ a 28 días

NTP 339.034		ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				
N°	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	S/S 245	01/11/2018	30/11/2018	77.80	25770	331.23
2	S/S 245	01/11/2018	30/11/2018	78.50	29602	377.10
3	S/S 245	01/11/2018	30/11/2018	78.50	35757	455.50
4	A 245	01/11/2018	30/11/2018	78.50	29434	374.96
5	A 245	01/11/2018	30/11/2018	77.80	29574	380.13
6	A 245	01/11/2018	30/11/2018	77.80	30154	387.58
7	B 245	01/11/2018	30/11/2018	78.50	24103	307.04
8	B 245	01/11/2018	30/11/2018	78.50	24230	308.66
9	B 245	01/11/2018	30/11/2018	79.30	25774	325.02
10	C 245	01/11/2018	30/11/2018	79.30	23346	294.40
11	C 245	01/11/2018	30/11/2018	77.80	24853	319.45
12	C 245	01/11/2018	30/11/2018	79.30	24789	312.60

Fuente: Laboratorio

En la *Tabla III-48*, se observa los ensayos por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8", para una relación $a/c = 0.55$, por un período de 28 días expuestos a diferentes cantidades de sulfatos. Así mismo, podemos verificar las variaciones existentes a comparación de las muestras patrón, estas variaciones disminuyen con el transcurso de días y también con las diferentes cantidades de sulfatos a las que fueron expuestos las probetas.

- Ensayo de rotura para una relación $a/c = 0.50$, para un período de 28 días.
Ver *Tabla III-49*.

Tabla III-49: Esfuerzo a la compresión para una relación $a/c=0.50$ a 28 días

NTP 339.034		ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				
Nº	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	S/S 280	02/11/2018	30/11/2018	78.50	30259	385.46
2	S/S 280	02/11/2018	30/11/2018	78.50	31816	405.30
3	S/S 280	02/11/2018	30/11/2018	78.50	32490	413.89
4	A 280	02/11/2018	30/11/2018	79.30	32308	407.41
5	A 280	02/11/2018	30/11/2018	78.50	30822	392.64
6	A 280	02/11/2018	30/11/2018	79.30	32253	406.72
7	B 280	02/11/2018	30/11/2018	78.50	31995	407.58
8	B 280	02/11/2018	30/11/2018	78.50	31091	396.06
9	B 280	02/11/2018	30/11/2018	78.50	31228	397.81
10	C 280	02/11/2018	30/11/2018	79.30	30304	382.14
11	C 280	02/11/2018	30/11/2018	80.10	29873	372.95
12	C 280	02/11/2018	30/11/2018	78.50	33461	426.25

Fuente: Laboratorio

En la *Tabla III-49*, se observa los ensayos por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8" para una relación $a/c = 0.50$, por un período de 28 días expuestos a diferentes cantidades de sulfatos. Así mismo, podemos verificar las variaciones existentes a comparación de las demás dosificaciones, en esta situación, el deterioro de las probetas es menor, posiblemente, por la influencia de la relación a/c . Las muestras disminuyen su resistencia con el transcurso de días y también por las diferentes cantidades de sulfatos a las que fueron expuestas las probetas.

b) Relación de gráficos para una dosificación a/c = 0.60, 0.55, 0.50, con una concentración de sulfatos A=1400 mg/lit, B= 9500 mg/lit y C= 50 000 mg/lit

- Para 14 días de exposición a sulfatos

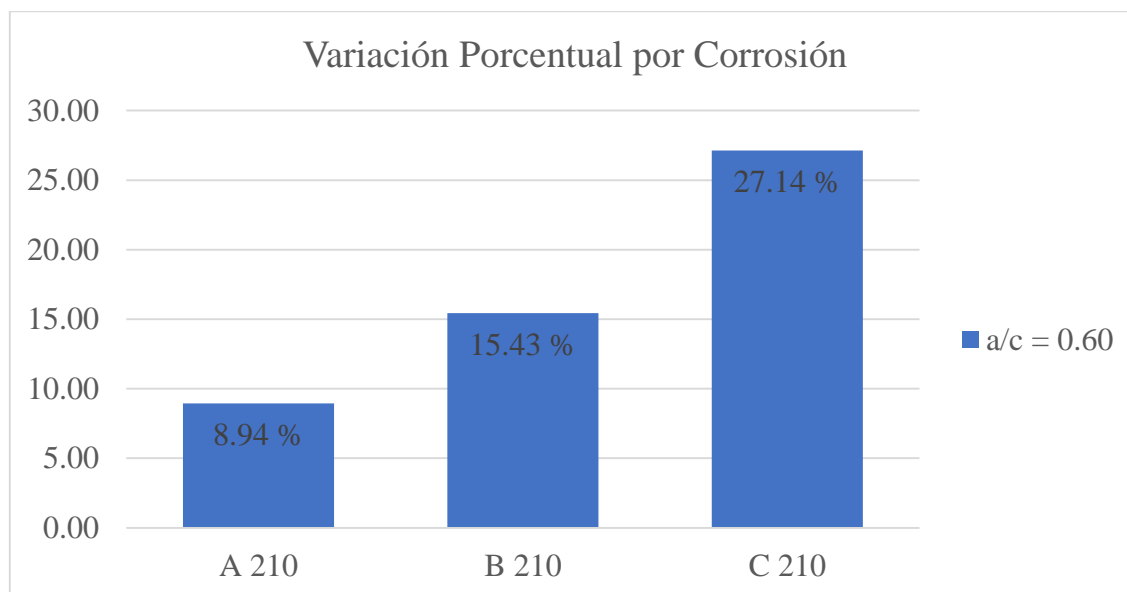
- Para una relación a/c = 0.60, se decidió por realizar el promedio de todos los ensayos por esfuerzo. Además, se hizo la comparación porcentual en base a la muestra patrón con identificación (S/S). Ver *Tabla III-50*

Tabla III-50: Variación porcentual por Corrosión en a/c 0.60 - 14 días

Descripción	Período Sumergido	Resistencia Promedio	Variación (%)
1. S/S 210	14 días	397.95	-
2. A 210	14 días	362.36	8.94
3. B 210	14 días	336.53	15.43
4. C 210	14 días	289.96	27.14

Fuente: Propia

Gráfico III-10: Variación Porcentual por Corrosión para un a/c 0.60 a 14 días



Fuente: Propia

En el *Gráfico III-10*, podemos ver la variación creciente por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8" para una relación a/c = 0.60, esto sucede por las diferentes cantidades de sulfatos. Para una dosis baja de sulfatos (A), la corrosión creció a un 8.94 %, en una dosis moderada de sulfatos el deterioro se incrementó a un 15.43 % y para una dosis agresiva, el desgaste fue mayor, este se incrementó a un 27.14%. Todo para 14 días de inmersión.

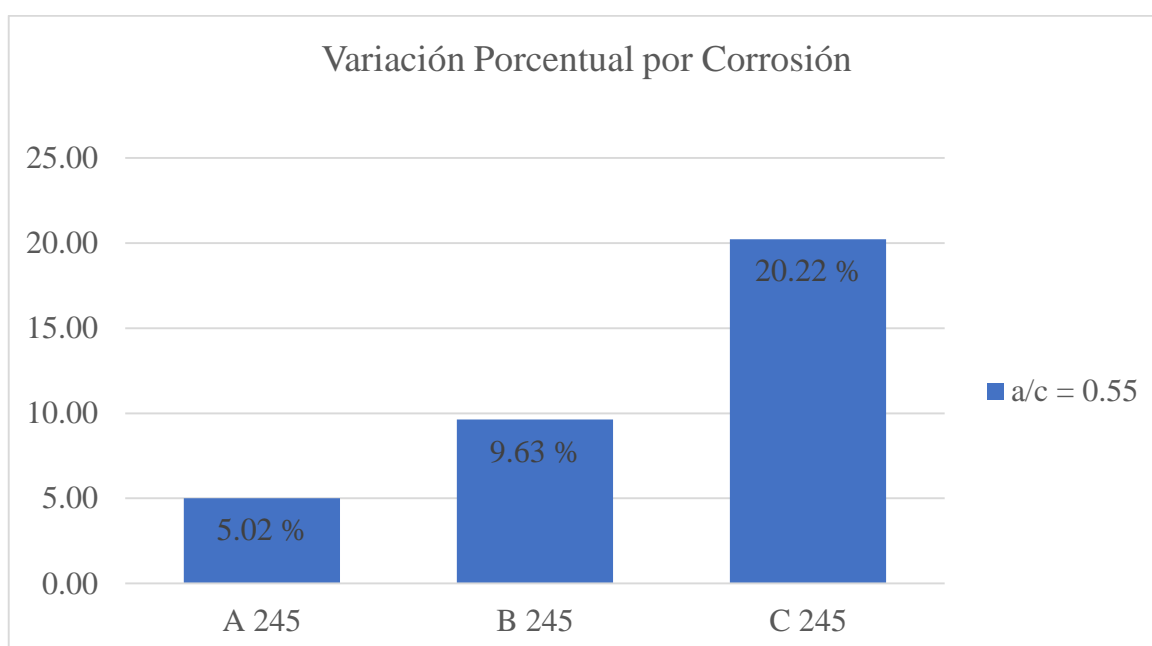
- Para una relación $a/c = 0.55$, se decidió por realizar el promedio de todos los ensayos por esfuerzo. Además, se hizo la comparación porcentual en base a la muestra patrón con identificación (S/S), que está detallado en los cuadros anteriores. Ver *Tabla III-51*.

Tabla III-51: Variación Porcentual por Corrosión en a/c 0.55 - 14 días

Descripción	Período Sumergido	Resistencia Promedio	Variación (%)
1. S/S 245	14 días	339.22	-
2. A 245	14 días	322.20	5.02
3. B 245	14 días	306.55	9.63
4. C 245	14 días	270.62	20.22

Fuente: Propia

Gráfico III-11: Variación porcentual por Corrosión en a/c 0.55 a 14 días



Fuente: Propia

En el *Gráfico III-11*, podemos ver la variación creciente por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8" para una relación $a/c = 0.55$, esto sucede por las diferentes cantidades de sulfatos. Para una dosis baja de sulfatos (A), la corrosión creció a un 5.02 %, en una dosis moderada de sulfatos el deterioro se incrementó a un 9.63 % y para una dosis agresiva, el desgaste fue mayor, este se incrementó a un 20.22 %. Todo para 14 días de inmersión.

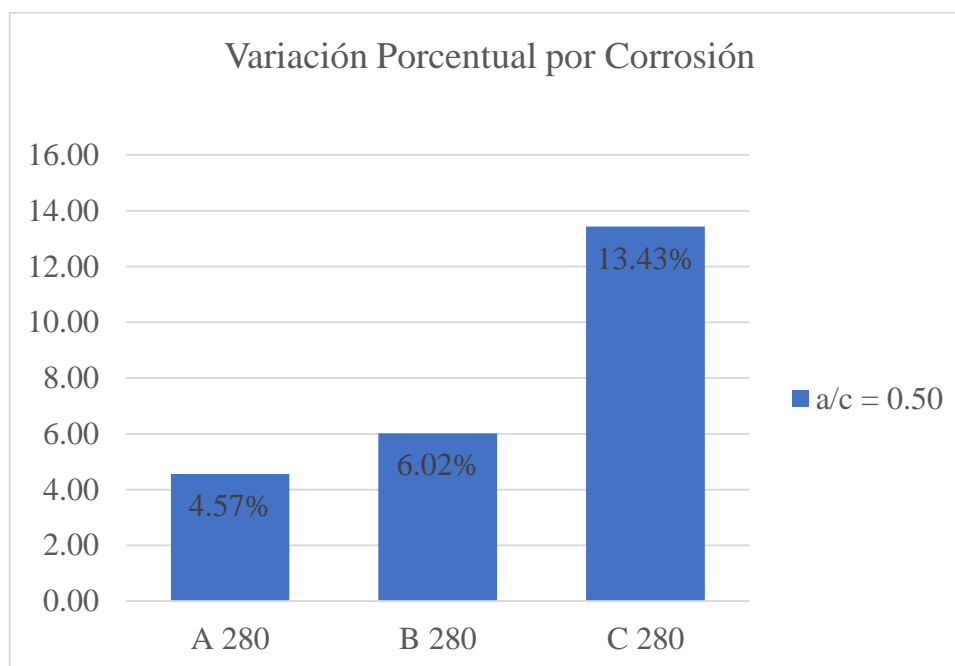
- Para una relación $a/c = 0.50$, se decidió por realizar el promedio de todos los ensayos por esfuerzo. Además, se hizo la comparación porcentual en base a la muestra patrón con identificación (S/S), que está detallado en los cuadros anteriores. Ver *Tabla III-52*.

Tabla III-52: Variación porcentual por Corrosión en a/c 0.50 - 14 días

Descripción	Período Sumergido	Resistencia Promedio	Variación (%)
1. S/S 280	14 días	356.58	-
2. A 280	14 días	340.30	4.57
3. B 280	14 días	335.11	6.02
4. C 280	14 días	308.70	13.43

Fuente: Propia

Gráfico III-12: Variación porcentual por Corrosión en un a/c 0.50 a 14 días



Fuente: Propia

En el *Gráfico III-12*, podemos ver la variación creciente por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8" para una relación $a/c = 0.50$, esto sucede por las diferentes cantidades de sulfatos. Para una dosis baja de sulfatos (A), la corrosión creció a un 4.57 %, en una dosis moderada de sulfatos el deterioro se incrementó a un 6.02 % y para una dosis agresiva, el desgaste fue mayor, este se incrementó a un 13.43 %. Todo para 14 días de inmersión.

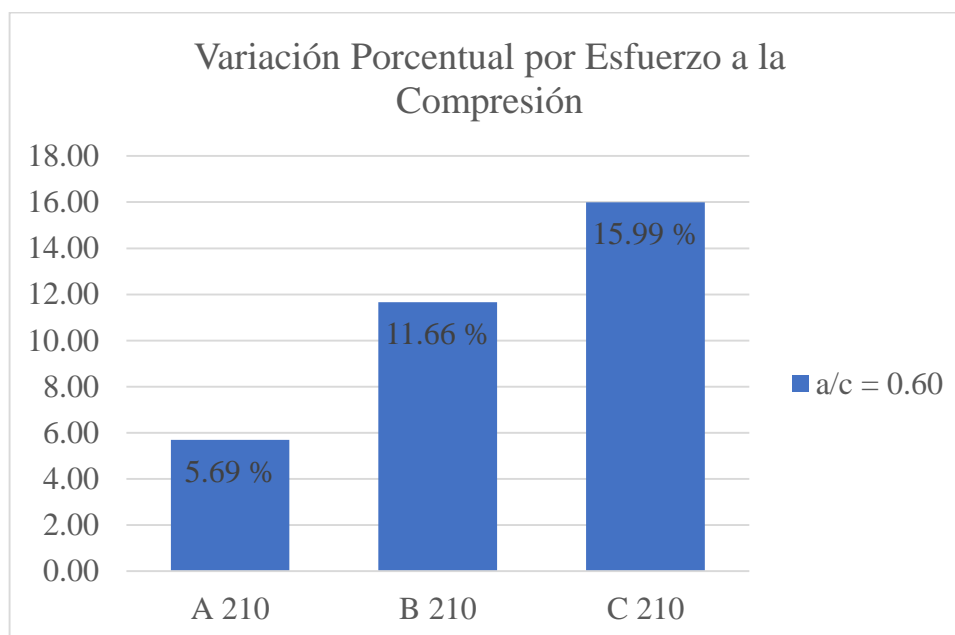
- **Para 21 días de exposición a sulfatos**
- Para una relación $a/c = 0.60$, se decidió por realizar el promedio de todos los ensayos por esfuerzo. Además, se hizo la comparación porcentual en base a la muestra patrón con identificación (S/S). Ver *Tabla III-53*.

Tabla III-53: Variación Porcentual por Corrosión para un a/c 0.60 - 21 días

Descripción	Período Sumergido	Resistencia Promedio	Variación (%)
1. S/S 210	21 días	392.73	-
2. A 210	21 días	370.39	5.69
3. B 210	21 días	346.93	11.66
4. C 210	21 días	329.94	15.99

Fuente: Propia

Gráfico III-13: Variación Porcentual por Corrosión para un a/c 0.60 a 21 días



Fuente: Propia

En el *Gráfico III-13*, podemos ver la variación creciente por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8" para una relación $a/c = 0.60$, esto sucede por las diferentes cantidades de sulfatos. Para una dosis baja de sulfatos (A), la corrosión creció a un 5.69 %, en una dosis moderada de sulfatos el deterioro se incrementó a un 11.66 % y para una dosis agresiva, el desgaste fue mayor, este se incrementó a un 15.99 %. Todo para 21 días de inmersión.

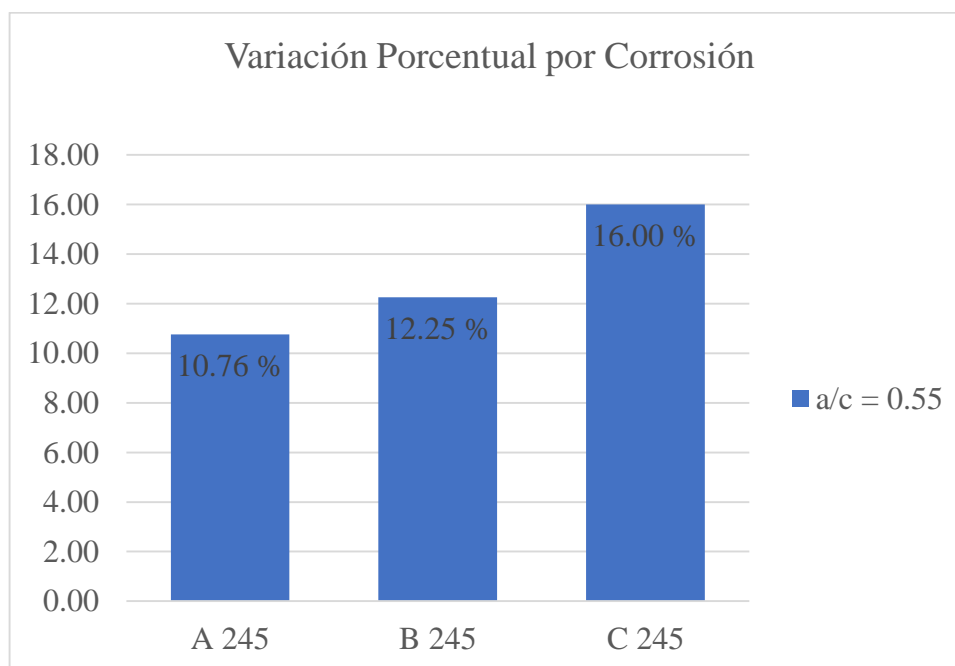
- Para una relación $a/c = 0.55$, se decidió por realizar el promedio de todos los ensayos por esfuerzo. Además, se hizo la comparación porcentual en base a la muestra patrón con identificación (S/S), que está detallado en los cuadros anteriores. Ver *Tabla III-54*.

Tabla III-54: Variación Porcentual por Corrosión en un a/c 0.55 - 21 días

Descripción	Período Sumergido	Resistencia Promedio	Variación (%)
1. S/S 245	21 días	344.73	-
2. A 245	21 días	307.65	10.76
3. B 245	21 días	302.50	12.25
4. C 245	21 días	289.57	16.00

Fuente: Propia

Gráfico III-14: Variación Porcentual por Corrosión en un a/c 0.55 - 21 días



Fuente: Propia

En el *Gráfico III-14*, podemos ver la variación creciente por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8" para una relación $a/c = 0.55$, esto sucede por las diferentes cantidades de sulfatos. Para una dosis baja de sulfatos (A), la corrosión creció a un 10.76 %, en una dosis moderada de sulfatos el deterioro se incrementó a un 12.25 % y para una dosis agresiva, el desgaste fue mayor, este se incrementó a un 16.00 %. Todo para 21 días de inmersión.

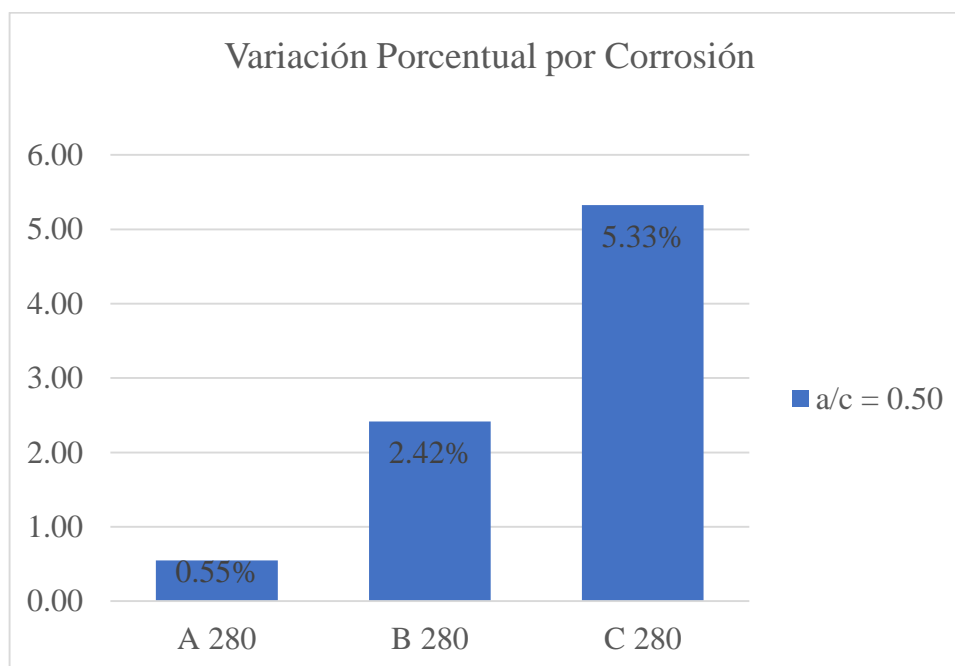
- Para una relación $a/c = 0.50$, se decidió por realizar el promedio de todos los ensayos por esfuerzo. Además, se hizo la comparación porcentual en base a la muestra patrón con identificación (S/S), que está detallado en los cuadros anteriores. Ver *Tabla III-55*.

Tabla III-55: Variación Porcentual por Corrosión en a/c 0.50 - 21 días

Descripción	Período Sumergido	Resistencia Promedio	Variación (%)
1. S/S 280	21 días	370.76	-
2. A 280	21 días	368.73	0.55
3. B 280	21 días	361.80	2.42
4. C 280	21 días	351.01	5.33

Fuente: Propia

Gráfico III-15: Variación Porcentual por Corrosión en a/c 0.50 - 21 días



Fuente: Propia

En el *Gráfico III-15*, podemos ver la variación creciente por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8" para una relación $a/c = 0.50$, esto sucede por las diferentes cantidades de sulfatos. Para una dosis baja de sulfatos (A), la corrosión creció a un 0.55 %, en una dosis moderada de sulfatos el deterioro se incrementó a un 2.42 % y para una dosis agresiva, el desgaste fue mayor, este se incrementó a un 5.33 %. Todo para 21 días de inmersión.

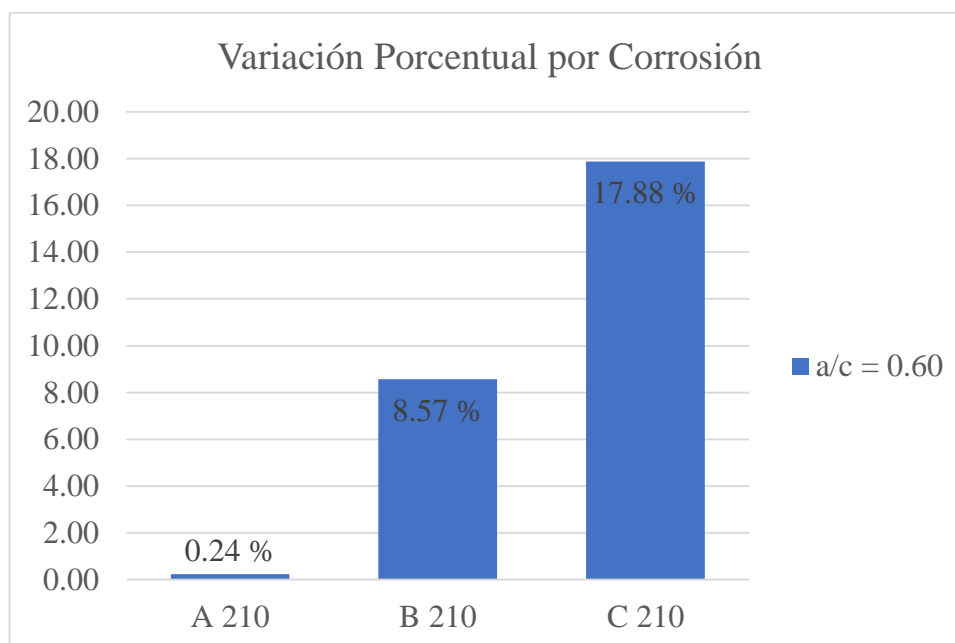
- **Para 28 días de exposición a sulfatos**
- Para una relación $a/c = 0.60$, se decidió por realizar el promedio de todos los ensayos por esfuerzo. Además, se hizo la comparación porcentual en base a la muestra patrón con identificación (S/S). Ver *Tabla III-56*.

Tabla III-56: Variación Porcentual por Corrosión para un a/c 0.60 - 28 días

Descripción	Período Sumergido	Resistencia Promedio	Variación (%)
1. S/S 210	28 días	419.33	-
2. A 210	28 días	418.33	0.24
3. B 210	28 días	383.38	8.57
4. C 210	28 días	344.36	17.88

Fuente: Propia

Gráfico III-16: Variación Porcentual por Corrosión para un a/c 0.60 a 28 días



Fuente: Propia

En el *Gráfico III-16*, podemos ver la variación creciente por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8" para una relación $a/c = 0.60$, esto sucede por las diferentes cantidades de sulfatos. Para una dosis baja de sulfatos (A), la corrosión creció a un 0.24 %, en una dosis moderada en sulfatos (B), el deterioro se incrementó a un 8.57 % y para una dosis agresiva, el desgaste fue mayor, este se incrementó a un 17.88 %, esto para 28 días de inmersión.

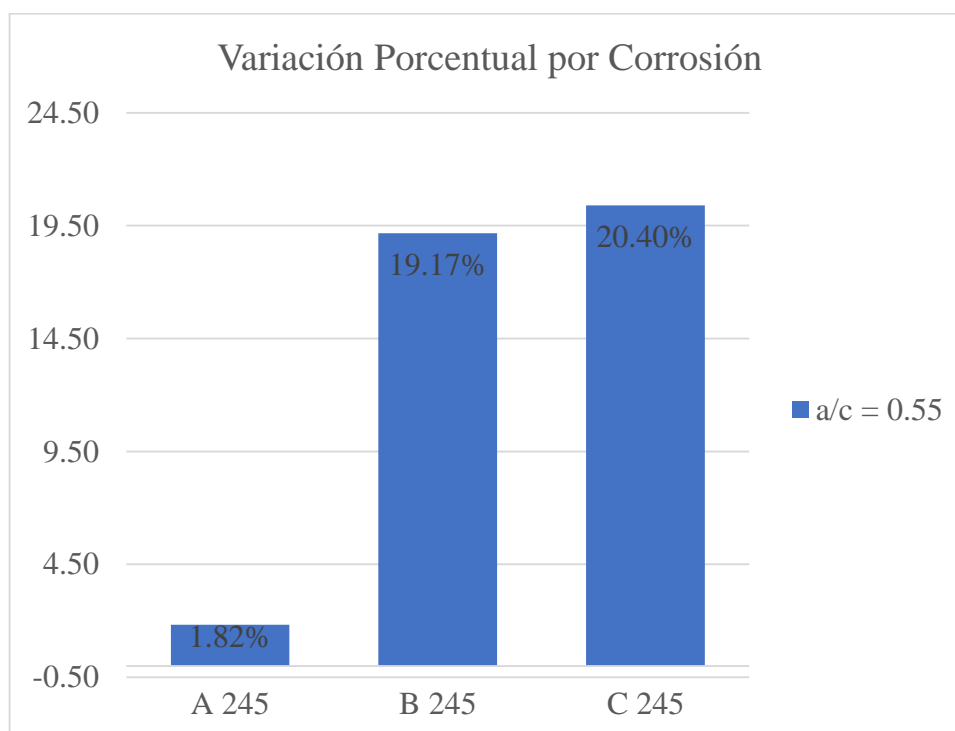
- Para una relación $a/c = 0.55$, se decidió por realizar el promedio de todos los ensayos por esfuerzo. Además, se hizo la comparación porcentual en base a la muestra patrón con identificación (S/S), que está detallado en los cuadros anteriores. Ver *Tabla III-57*.

Tabla III-57: Variación Porcentual por Corrosión en un a/c 0.55 - 28 días

Descripción	Período Sumergido	Resistencia Promedio	Variación (%)
1. S/S 245	28 días	387.94	-
2. A 245	28 días	380.89	1.82
3. B 245	28 días	313.58	19.17
4. C 245	28 días	308.82	20.40

Fuente: Propia

Gráfico III-17: Variación Porcentual por Corrosión en un a/c 0.55 - 28 días



Fuente: Propia

En el *Gráfico III-17*, podemos ver la variación creciente por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8" para una relación $a/c = 0.55$, esto sucede por las diferentes cantidades de sulfatos. Para una dosis baja de sulfatos (A), la corrosión creció a un 1.82 %, en una dosis moderada de sulfatos el deterioro se incrementó a un 19.17 % y para una dosis agresiva, el desgaste fue mayor, este se incrementó a un 20.44 %, esto para 28 días de inmersión.

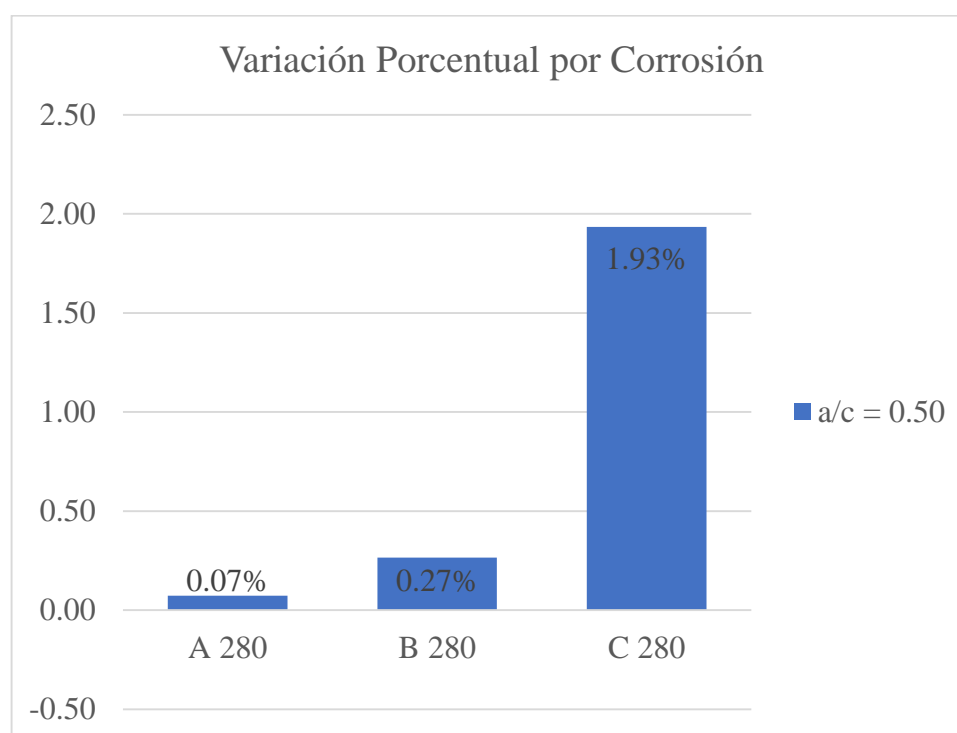
- Para una relación $a/c = 0.50$, se decidió por realizar el promedio de todos los ensayos por esfuerzo. Además, se hizo la comparación porcentual en base a la muestra patrón con identificación (S/S), que está detallado en los cuadros anteriores. Ver *Tabla III-58*.

Tabla III-58: Variación Porcentual por Corrosión en a/c 0.50 - 28 días

Descripción	Período Sumergido	Resistencia Promedio	Variación (%)
1. S/S 280	28 días	401.55	-
2. A 280	28 días	401.26	0.07
3. B 280	28 días	400.48	0.27
4. C 280	28 días	393.78	1.93

Fuente: Propia

Gráfico III-18: Variación Porcentual por Corrosión en un a/c 0.50 - 28 días



Fuente: Propia

En el *Gráfico III-18*, podemos ver la variación creciente por esfuerzo a la compresión en probetas 4"x8" para una relación $a/c = 0.50$, esto sucede por las diferentes cantidades de sulfatos. Para una dosis baja de sulfatos (A), la corrosión creció a un 0.07 %, en una dosis moderada de sulfatos el deterioro se incrementó a un 0.27 % y para una dosis agresiva, el desgaste fue mayor, este se incrementó a un 1.93 %, esto para 28 días de inmersión.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

▪ **Discusión N° 1:** Según los resultados obtenidos en la hipótesis general “Hi: Conocer el efecto del daño de las sales en el concreto mediante pruebas de resistencia a la compresión en muestras cilíndricas de concreto utilizando contenidos de sulfatos solubles en diferentes muestras.” Se logró determinar que la existencia de ataque corrosivo en las muestras de concreto, en las dosificaciones de 0.60, 0.55 y 0.50. Por otro lado, se comprobó la variación favorable en la resistencia de la muestra, esto se determinó por la buena calidad de los agregados. Garzón, 2013 en su tesis, *Efecto del uso de la ceniza volante en el proceso de agrietamiento del concreto por corrosión del acero de refuerzo*, concluye: “Reemplazar los agregados reciclados por agregados naturales afecta a la resistencia del concreto. Este fenómeno se va disminuyendo a medida que aumenta la relación a/c”. Existe semejanzas de los temas es en la dosificación del concreto, coincidiendo que la relación a/c es inversa a la resistencia, también la calidad de agregados es importante, ya que, en el presente proyecto, se utilizó la relación a/c según ACI, pero las resistencias superaron las resistencias de diseño, esto sucedió por la buena calidad de los agregados.

▪ **Discusión N° 2:** Según los resultados obtenidos en la hipótesis específica “Conocer la resistencia por compresión y el efecto del daño de las sales en el concreto mediante los ensayos de resistencia en muestras cilíndricas de concreto para una relación a/c = 0.60 con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50 000 mg/lt y para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.” Se logró determinar que el ataque corrosivo provocó pérdida de masa en las muestras, esto sucedió para las dosificaciones de 0.60, 0.55 y 0.50. Escobar, 2013, en su tesis, *Efecto del uso de la ceniza volante en el proceso de agrietamiento del concreto por corrosión del acero de refuerzo*, concluye: “La pérdida de masa tiende a disminuir conforme se incrementa la resistencia a la compresión, por el cual, se requiere menor cantidad de pérdida de masa para provocar el agrietamiento del recubrimiento.”. La semejanza por pérdida de masa, sucede según el contenido de MgSO₄ y el tiempo de inmersión de la muestra, provocando la variación de los pesos decrecientemente, también influye una menor relación a/c, ya que la pérdida de peso es más lenta.

Discusión N° 3: Según los resultados obtenidos en la hipótesis específica: “Conocer la resistencia por compresión y el efecto del daño de las sales en el concreto mediante los ensayos de resistencia en muestras cilíndricas de concreto para una relación a/c = 0.55 con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50 000 mg/lt y para

un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.” Se logró determinar la existencia por pérdida de agua, ya que varió el nivel de agua en todos los recipientes. Simões, 2013, en su tesis, *Estudio experimental de los efectos de la corrosión de las armaduras en vigas continuas de hormigón armado*, indica: “Es necesario, adicionar agua hasta su nivel inicial, esto, de manera constante, con la finalidad, de adquirir el agua perdida.” En semejanza a la pérdida de agua, sucede por evaporación y también al extraer muestras que ya cumplieron el período inmerso, también verificar los niveles de agua, con la finalidad de que las muestras estén completamente sumergidas y de tal manera los resultados no estén alterados. Asimismo, considerar la cantidad de sales por litro de agua que se adicionará.

Discusión N° 4: Según los resultados obtenidos en la hipótesis específica: “Conocer la resistencia por compresión y el efecto del daño de las sales en el concreto mediante los ensayos de resistencia en muestras cilíndricas de concreto para una relación $a/c = 0.50$ con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit y para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días.” Se logró determinar la variación en la resistencia a la compresión en las muestras, según el contenido de sulfatos y período de inmersión. Granados, 2017, en su tesis, Grado de presencia del sulfato con la resistencia a la compresión del concreto en la Ciudad de Huaraz, sugiere: "Realizar la comparación porcentual entre la muestra patrón y las muestras expuesta a diferentes cantidades de sulfatos, con la finalidad, de conocer la pérdida de resistencia y variación porcentual según las cantidades de $MgSO_4$ utilizadas y el período de inmersión determinado.” La variación por esfuerzo a la compresión. Se puede determinar el nivel corrosivo según la variación existente, esto reflejado en los ensayos de resistencia a la compresión, con la finalidad, de conocer el deterioro de las muestras según la relación a/c , contenido de sales y período de inmersión.

CAPÍTULO V:
CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se determinaron coinciden con las hipótesis planteadas para la presente investigación. Además, se utilizaron los instrumentos aprobados por especialistas del tema para dar respuestas a todas las interrogantes.

Conclusión 01: Con relación a la hipótesis general, “Conocer el efecto del daño de las sales en el concreto mediante pruebas de resistencia a la compresión en muestras cilíndricas utilizando sulfatos solubles en diferentes muestras”, se logró determinar que al sumergir las muestras con una relación a/c de 0.60, 0.55, 0.50 en diferentes contenidos de sulfatos se encontró variación tanto en ensayos como en pérdida de peso y por de ensayos de rotura.

Las cifras utilizadas cumplen lo indicado en el RNE E-060 de concreto armado. Por lo tanto, para simular la corrosión por contenido de sulfatos se utilizó 3 dosis, de las cuales se identificaron de la siguiente manera:

- Nivel moderado (A): 1400 mg/lt
- Nivel agresivo (B): 9500 mg/lt
- Nivel muy agresivo (C): 50 000 mg/lt

Estos contenidos expuestos en un período de 14 días, 21 días y 28 días. Asimismo, se obtuvieron resultados en el que se logró evidenciar el ataque corrosivo durante todo el proceso, esto se verifico según el peso por cada muestra y también en la reducción por esfuerzo a la compresión. Estos resultados se reflejan en las gráficas elaboradas por el investigador, del cual se pudo comprobar el ataque corrosivo en el concreto de manera creciente.

Conclusión 02: Según los resultados que se obtuvieron mediante los ensayos realizados, se pudo dar respuesta a la hipótesis específica “Hi1: Conocer la resistencia por compresión y el efecto del daño de las sales en el concreto mediante los ensayos de resistencia en muestras cilíndricas de concreto para una relación a/c = 0.60, con una concentración de sulfatos de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50 000 mg/lt y para un período de inmersión de 14, 21 y 28 días”.

Para una relación a/c de 0.60, se logró determinar la existencia de corrosión en las muestras, esto, en diferentes períodos de inmersión. Además, para esta dosificación en a/c de 0.60, se observó la vulnerabilidad por ataque de sulfatos, esto en comparación a las otras

dosificaciones ensayadas, ya que, según los gráficos se puede observar la variación porcentual existente por corrosión reaccionando a una cantidad determinada de sales que fueron diluidos para cierta cantidad de muestras. Por lo tanto, se determinó que la variación porcentual por deterioro en un $a/c=0.60$ a 14 días llegó a 8.94% en un contenido moderado de sulfato de magnesio (A), asimismo, en ese mismo período de inmersión en un contenido agresivo (B), la corrosión creció a 15.43 % y en su estado más crítico (C), la corrosión llegó a 27.14%. Según los resultados y los gráficos realizados, la corrosión por ataques químicos crece constantemente, esto según la cantidad de sulfato soluble, y principalmente del periodo de inmersión expuesto. *Ver Tabla III-50 y Ver Gráfico III-10.*

Para un período de 21 días, en la misma dosificación, $a/c=0.60$, con un contenido moderado en sulfato de magnesio, obtuvimos un resultado de 5.69%, esto identificado con la variable (A) de 1400 mg/lit de $MgSO_4$, asimismo, en ese período de inmersión en un contenido agresivo (B), la corrosión creció a 11.66 % y en su estado más crítico (C), la corrosión llegó a 15.99%. Se pudo conocer estos resultados, de acuerdo, a los ensayos de rotura realizados y también visualizando los gráficos elaborados, con la finalidad de descubrir el nivel corrosivo existente. *Ver Tabla III-53 y Ver Gráfico III-13.*

Para un período de 28 días $a/c=0.60$, para un contenido moderado de sulfato de magnesio (A) llegó a 0.24%, asimismo, en un contenido agresivo (B), la corrosión creció a 8.57% y en su estado más crítico (C), la corrosión creció a 17.88%. Se pudo conocer estos resultados, gracias a los ensayos realizados, de los cuales el que más influye es el ensayo por resistencia a la compresión, asimismo, se hizo el análisis de los gráficos, para verificar el nivel corrosivo existente. Por tanto, se pudo conocer los ataques corrosivos del concreto de manera creciente para un período de 28 días, esto según la cantidad de sulfato soluble, y principalmente del periodo de inmersión expuesto. *Ver Tabla III-56 y Ver Gráfico III-16.*

Conclusión 03: Para una relación a/c de 0.55, se logró determinar la existencia de corrosión en las muestras en diferentes períodos de inmersión. Por lo tanto, se determinó que la variación porcentual por deterioro en un $a/c=0.50$ a 14 días llegó a 5.02% en un contenido moderado de sulfato de magnesio (A), asimismo, en ese mismo período de inmersión en un contenido agresivo (B), la corrosión creció a 9.63 % y en su estado más crítico (C), la corrosión llegó a 20.22%. Según los resultados y los gráficos realizados, la corrosión por ataques químicos crece constantemente, esto según la cantidad de sulfato soluble, y principalmente del periodo de inmersión expuesto. *Ver Tabla III-51 y Ver Gráfico III-11.*

Para un período de 21 días $a/c=0.55$, ya que los niveles de corrosión son más acelerados a comparación al resto de dosificaciones, en el caso de la relación $a/c= 0.55$, la corrosión a 14 días llego a 10.76% en un contenido moderado en sulfato de magnesio (A), asimismo, en ese período de inmersión en un contenido moderado (B), la corrosión creció a 12.25 % y en su estado más crítico, la corrosión llego a 16.0 %. Esto se verifico por los ensayos realizados, en el que más influye, es el ensayo por esfuerzo a la compresión, asimismo, se hizo el análisis de los gráficos, con la finalidad de verificar el nivel corrosivo por periodo. Por lo tanto, se pudo conocer los ataques corrosivos del concreto de manera creciente para un período de 21 días, esto según la cantidad de sulfato soluble, y principalmente del periodo de inmersión expuesto. *Ver Tabla III-54 y Ver Gráfico III-14.*

Para un período de 28 días $a/c=0.55$, se conoció la variación por corrosión en las muestras, En un período de 14 días llego a 1.82% para un contenido moderado (A) en sulfato de magnesio, además, en ese mismo período de inmersión en un contenido agresivo (B), la corrosión creció a 19.17 % y en su estado más crítico, la corrosión llego a 20.40%. Esto se pudo conocer gracias a los ensayos realizados en el laboratorio, en el que más influye es el ensayo por rotura, asimismo, se hizo el análisis de los gráficos, para verificar el nivel corrosivo existente. Por tanto, se pudo conocer los ataques corrosivos del concreto de manera creciente para un período de 28 días, esto según la cantidad de sulfato soluble, y principalmente del periodo de inmersión expuesto. *Ver Tabla III-57 y Ver Gráfico III-17.*

Conclusión 04: Para una relación a/c de 0.50, se logró determinar la existencia de corrosión en las muestras en diferentes períodos de inmersión. Por lo tanto, se determinó que la variación porcentual por deterioro en un $a/c= 0.50$ a 14 días llego a 4.57% en un contenido moderado de sulfato de magnesio (A), asimismo, en ese mismo período de inmersión en un contenido agresivo (B), la corrosión creció a 6.02 % y en su estado más crítico (C), la corrosión llego a 13.43%. Según los resultados y los gráficos realizados, la corrosión por ataques químicos crece constantemente, esto según la cantidad de sulfato soluble, y principalmente del periodo de inmersión expuesto. *Ver Tabla III-52 y Ver Gráfico III-12.*

Para un período de 21 días $a/c=0.50$, ya que los niveles de corrosión son más acelerados a comparación al resto de dosificaciones, en el caso de la relación $a/c= 0.50$, la corrosión a 21 días llego a 0.55% en un contenido moderado (A) en sulfato de magnesio, asimismo, en ese período de inmersión en un contenido agresivo (B), la corrosión creció a 2.42 % y en su estado más crítico (C), la corrosión llego a 5.33 %. Esto se verifico por los

ensayos realizados, en el que más influye es el ensayo por esfuerzo, asimismo, se hizo el análisis de los gráficos, con la finalidad de verificar el nivel corrosivo por periodo. *Ver Tabla III-55 y Ver Gráfico III-15.*

Para un período de 28 días $a/c=0.50$, ya que los niveles de corrosión son más acelerados a comparación al resto de dosificaciones, en el caso de la relación $a/c= 0.50$, en un contenido moderado (A) en sulfato de magnesio creció a 0.07%, asimismo, en ese período de inmersión en un contenido agresivo (B), la corrosión creció a 0.27 % y en su estado más crítico, la corrosión llegó a 1.93%. Según los resultados y los gráficos realizados, la corrosión por ataques químicos crece constantemente, esto según la cantidad de sulfato soluble, y principalmente del periodo de inmersión expuesto. *Ver Tabla III-58 y Ver Gráfico III-18.*

Luego de obtener los resultados finales, se logró determinar el efecto del grado de corrosión que ejercen las sales de sulfato de magnesio sobre el concreto en función a su nivel de severidad.

Finalmente, en diferentes diseños de mezclas de resistencia específica, se debe diseñar por durabilidad para que la estructura cumpla su vida útil.

5.2. RECOMENDACIONES

Para realizar los objetivos planteados es necesario aplicar la técnica a detalle para el desarrollo de la presente investigación.

Recomendación 01: Realizar el diseño de mezcla por ACI 211, ya que, es la mejor opción para un diseño de concreto de mediana resistencia. Asimismo, se sugiere que para el óptimo desempeño de una mezcla utilizar el método de Agregado Global, con la finalidad de obtener una buena resistencia sin que tener complicaciones en todo el proceso.

Recomendación 02: Se recomienda realizar el estudio con mayores días de inmersión, con el fin de incrementar nuestros datos y poder analizarlos detalladamente y de tal manera poder encontrar soluciones precisas de mitigar esta patología del concreto.

Recomendación 03: Se sugiere experimentar estos ensayos con más cantidades de sulfatos, que no necesariamente sean iguales a las que se consideran en esta investigación. Así se conocerán niveles desde lo más despreciable hasta un nivel extremadamente agresivo.

Recomendación 04: Se recomienda realizar estudios con diferentes sustancias químicas ya sea por sulfatos o cloruros, compuesto con magnesio, sodio, carbono, etc. De tal manera se conocerá el nivel corrosivo de cada sustancia, así mismo, es recomendable estudiar las reacciones químicas con un mayor período y diferentes dosificaciones a/c.

Recomendación 05: Las posibles investigaciones que podrían partir de esta son:

- *Corrosión del concreto armado de mediana a alta resistencia por efecto de sulfatos solubles utilizando cemento tipo I*, este tema es una investigación interesante, ya que, se podría conocer los ataques corrosivos en concreto y acero de refuerzo, asimismo, se sugiere realizar la investigación para largos períodos de inmersión de sulfatos soluble.
- *Corrosión del concreto de mediana resistencia a bajas temperatura por efecto de los ataques químicos utilizando cemento tipo I*, este proyecto es atractivo, ya que, se analizaría diferentes ataques químicos al concreto a bajas temperaturas, así mismo, se conocerá el comportamiento físico del concreto.
- *Estudio de la durabilidad del concreto por ataque de cloruro de magnesio utilizando cemento tipo I*, para este proyecto se analizaría diferentes ataques por cloruros en el concreto, así mismo, se recomienda diferentes dosis y diferentes períodos de inmersión, con el fin de realizar un estudio con mayor precisión para esta patología

REFERENCIAS

American Concrete Institute. ACI Comité 211. Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto. 2002.

American Concrete Institute. ACI Comité 318. Requisitos de reglamento para concreto estructural. 2014.
ISBN: 978-0-87031-964-8

American Concrete Institute. ACI Comité 365. Predicción de vida útil y durabilidad del concreto. 2000.

ESCOBAR Rojas, Armando. Efecto del uso de la ceniza volante en el proceso de agrietamiento del concreto por corrosión del acero de refuerzo. Tesis (Magíster en Ciencias con Orientación en Materiales de Construcción). Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil, 2012.

GARZÓN Pire, William. Estudio de la durabilidad al ataque de sulfatos del concreto con agregado reciclado. Tesis (Magíster en Construcción). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2013

GRANADOS Palmadera, Johnston. Grado de presencia de sulfato con la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Huaraz. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de Ingeniería Civil, 2017.

HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. 6ª edición. Ciudad de México: Mc Graw-Hill, 2010.
ISBN: 978-1-4562-2396-0

INDECOPI. Norma Técnica Peruana 334.009:2013. Cemento Portland Requisitos. 2013.

INDECOPI. Norma Técnica Peruana 339.034:2015. Determinación de resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. 4ª edición. 2015.

INDECOPI. Norma Técnica Peruana 339.047:2014. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados. 2014

INDECOPI. Norma Técnica Peruana 339.088:2014. Agua de mezcla utilizada en la producción del concreto de cemento portland. Requisitos. 2014.

INDECOPI. Norma Técnica Peruana 339.185:2013. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. 2013.

INDECOPI. Norma Técnica Peruana 400.012:2013. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 2013.

INDECOPI. Norma Técnica Peruana 400.017:2011. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. 3ª edición. 2011.

MEZA Bernuy, Eduardo Celso. Proceso de corrosión en concreto de mediana a baja resistencia por acción de sulfato de magnesio, usando cemento portland tipo I. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2003.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamientos. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E-060 de Concreto Armado. 2009.
ISBN 978-9972-9433-4-8

NEYRA Neyra, Jorge y SANTOS Espinoza, Rodrigo. Análisis comparativo del grado de permeabilidad y resistencia a los sulfatos entre concretos convencionales y un concreto impermeable. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ingeniería Civil, 2018.

RIMARACHIN Sanchez, Luis. Corrosión del mortero de cemento con armadura por ataque de cloruro de sodio. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2013.

RIVVA, Enrique. Naturaleza y Materiales del Concreto. 1ª edición. Lima: Aci Perú, 2000.

SIMÕES Ventura, Gonçalo. Estudio experimental de los efectos de la corrosión de las armaduras en vigas continuas de hormigón armado. Tesis (Master en Estructuras). Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, 2013.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

VARIABLES	PLANTEAMIENTOS DE PROBLEMAS GENERAL	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION GENERAL	HIPOTESIS DE INVESTIGACION GENERAL		VARIABLE DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA
			GENERAL	ESPECIFICOS					
I N D E P E N D I E T E	¿Cuál es la relación entre la corrosión del concreto y los efectos de los sulfatos? 1. ¿Cuál será la relación de resistencia, entre la corrosión del concreto y los efectos del sulfato para un a/c=0.60 con una concentración de sulfatos de 1400 mg/l, 9500 mg/l y 50 000 mg/l para un periodo de inmersión de 14, 21 y 28 días? 2. ¿Cuál será la relación de resistencia, entre la corrosión del concreto y los efectos del sulfato para un a/c=0.55 con una concentración de sulfatos de 1400 mg/l, 9500 mg/l y 50 000 mg/l para un periodo de inmersión de 14, 21 y 28 días? 3. ¿Cuál será la relación de resistencia, entre la corrosión del concreto y los efectos del sulfato para un a/c=0.50 con una concentración de sulfatos de 1400 mg/l, 9500 mg/l y 50 000 mg/l para un periodo de inmersión de 14, 21 y 28 días?	Determinar la relación entre la corrosión del concreto y los ataques por sulfatos, para un a/c=0.60, 0.55 y 0.50 con una concentración de sulfatos de 1400 mg/l, 9500 mg/l y 50 000 mg/l para un periodo de inmersión de 14, 21 y 28 días ESPECIFICOS 1. Determinar la relación de resistencia, entre la corrosión del concreto y los efectos del sulfato para un a/c=0.60 con una concentración de sulfatos de 1400 mg/l, 9500 mg/l y 50 000 mg/l para un periodo de inmersión de 14, 21 y 28 días. 2. Determinar la relación de resistencia, entre la corrosión del concreto y los efectos del sulfato para un a/c=0.55 con una concentración de sulfatos de 1400 mg/l, 9500 mg/l y 50 000 mg/l para un periodo de inmersión de 14, 21 y 28 días. 3. Determinar la relación de resistencia, entre la corrosión del concreto y los efectos del sulfato para un a/c=0.50 con una concentración de sulfatos de 1400 mg/l, 9500 mg/l y 50 000 mg/l para un periodo de inmersión de 14, 21 y 28 días.	Conocer el efecto del daño de las sales en el concreto mediante los ensayos de resistencia a la compresión en probetas de concreto utilizando sulfatos en diferentes muestras.	Ataque Químico de Sulfatos	Materiales	Propiedades Físicas de los materiales	NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.047	Tipo de investigación: Aplicada	
			Conocer la resistencia a la compresión y el efecto del daño de las sales en el concreto mediante los ensayos de resistencia a la compresión en probetas de concreto para un a/c=0.60 con una concentración de sulfatos de 1400 mg/l, 9500 mg/l y 50 000 mg/l para un periodo de inmersión de 14, 21 y 28 días.	Probetas Normalizadas 4"x8"	Moldes cilíndricos de 4"x8"	NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.034	Nivel de investigación: Descriptivo y Explicativo		
			1400 mg/lit de Contenido de Sulfato de Magnesio 9500 mg/lit de Contenido de Sulfato de Magnesio 50 000 mg/lit de Contenido de Sulfato de Magnesio	Contenido de Sulfatos (mg)		REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES E-060			
D E P E N D I E T E	Corrosión del concreto	Corrosión del concreto	Exposición a Sulfatos	Exposición a Sulfatos	Requisitos de durabilidad para el concreto expuesto a soluciones de sulfatos	RNE - E060 Requisitos del Concreto Expuesto a Sulfatos	Diseño de investigación: Experimental		
			Pérdida de Peso por Degradación	Diferencia por pérdida de peso en las muestras según relación agua/cemento y número de días	ENSAYOS DE LABORATORIO	Población: Probetas de Concreto 4"x8"			
			Ensayo Normalizado de Compresión al Concreto	a/c = 0.60 a/c = 0.55 a/c = 0.50	ENSAYOS DE LABORATORIO	Muestra: 108 Probetas de concreto 4"x8"			
			Comparación en la Resistencia a la Compresión	Comparación de resistencia a la compresión en porcentaje	ENSAYOS DE LABORATORIO	Tipo de muestra: No probabilístico			

PESO UNITARIO SUELTO, PESO UNITARIO COMPACTADO Y CONTENIDO DE HUMEDAD

Proyecto: Estudio de la corrosión del concreto de mediana resistencia por efecto de sulfatos utilizando Cemento Quisqueya tipo I - Lima 2018
Autor: Michael Jhonatan Chacón Quilley

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

FECHA DE MUESTREO:
UBICACIÓN:
DISTRITO:
PROVINCIA:
REGIÓN:

I. PESO UNITARIO SUELTO

		AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso del material + molde	(Kg)		
Peso del molde	(Kg)		
Peso del material	(Kg)		
Volumen del molde	(m ³)		
Peso Unitario Suelto	(Kg/m ³)		

II. PESO UNITARIO COMPACTADO

		AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso del material + molde	(Kg)		
Peso del molde	(Kg)		
Peso del material	(Kg)		
Volumen del molde	(m ³)		
Peso Unitario Compactado	(Kg/m ³)		

III. CONTENIDO DE HUMEDAD

		AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso de la muestra en estado natural	(g)		
Peso de la muestra secada al horno	(g)		
Peso del agua perdida	(g)		
Contenido de humedad	(%)		

Observaciones:

NOMBRES Y APELLIDOS: Juan Paul Bernardo Díaz
DNI/CIP: 21415348 / 83505
EMAIL - TELEFONO: paulbernardo.diaz@gmail.com

FIRMA:

0	= NO VALIDO
1	= VALIDO

Juan Paul Bernardo Díaz
 ING. JUAN PAUL BERNAOLA DÍAZ
 CIP N° 83505
 JEFE DE SUPERVISION

EXPERTO:
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN EN MATERIALES PÉTREOS

Proyecto: Estudio de la corrosión del concreto de mediana resistencia por efecto de sulfatos utilizando Cemento Quisqueya tipo I - Lima 2018
 Autor: Michael Jhonatan Chacón Quíllay

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

FECHA DE MUESTREO:
 UBICACIÓN:
 DISTRITO:
 PROVINCIA:
 REGIÓN:

I. AGREGADO FINO

Peso de la arena superficialmente seca	
Peso de la arena superficialmente seca + Peso del molde + Peso del agua	
Peso del molde	
Peso del agua	(A)
Peso de la arena seca al horno	(B)
Volúmen del balón	(C)

Peso específico de masa	$B/(C-A)$
Peso específico de la masa superficialmente seca	$500/(C - A)$
Peso específico aparente	$B/(C - A) - (500 - B)$
Porcentaje de absorción	$(500-B) \times 100/B$

I. AGREGADO GRUESO

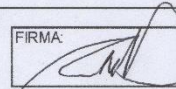
Peso del material secado al horno	(D)
Peso del material saturado superficialmente seco	(E)
Peso del material saturado en agua + peso del recipiente (canasta)	
Peso de la canasta	
Peso de la muestra saturada en agua	(F)

Peso específico de masa	$D/(E-F)$
Peso específico de la masa superficialmente seca	$E/(E - F)$
Peso específico aparente	$D/(D-F)$
Porcentaje de absorción	$(E-D) \times 100/D$

Observaciones:

NOMBRES Y APELLIDOS: Carlos Alberto Villegas Martínez
 DNI/CIP: _____
 EMAIL - TELEFONO: 959 419 680

FIRMA:



0	= NO VALIDO
1	= VALIDO

EXPERTO:

DISEÑO DE MEZCLAS - ACI 211

Proyecto: Estudio de la corrosión del concreto de mediana resistencia por efecto de sulfatos utilizando Cemento Quisqueya tipo I - Lima 2018
 Autor: Michael Jhonatan Chacón Quillay

INFORMACIÓN GENERAL

FECHA DE ENSAYO:
 UBICACIÓN:
 DISTRITO:
 PROVINCIA:
 REGIÓN:

I. MATERIALES A EMPLEAR


CEMENTO	TIPO:	MARCA:
AGREGADO GRUESO	TIPO:	CANTERA:
AGREGADO FINO	TIPO:	CANTERA:

II. CALIDAD DEL CONCRETO ESPECIFICADO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: (F _c)	
ASENTAMIENTO: (SLUMP)	
USO DEL CONCRETO:	

III. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	ARENA	PIEDRA
PESO UNITARIO SUELTO		
PESO UNITARIO COMPACTADO		
PESO ESPECÍFICO DE MASA		
CONTENIDAD DE HUMEDAD (p _w)		
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (p _{Abs})		
MODULO DE FINURA		
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO TIPO I		


CÉSAR GUZMAN ZUNIGA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108119

DISEÑO SECO				
MATERIALES	WS	P.E.	Vol. Abs.	W.U.S.
CEMENTO				
AGUA				
ARENA				
PIEDRA				
AIRE				

DISEÑO EN OBRAS					
MATERIALES	W.Obra	W.U.O	W.U.O.*42.5	Vol. Aparente	Vol. en latas
CEMENTO					
AGUA					
ARENA					
PIEDRA					
AIRE					

LABORATORIO		
MATERIALES	Tanda 54 kg	Tanda + Bolsa
CEMENTO		
AGUA		
ARENA		
PIEDRA		
AIRE		

Observaciones:

NOMBRES Y APELLIDOS: Cesar Leoncio Guzmán Zúñiga
 DNI/CIP: 942845184 CIP: 108119
 EMAIL - TELEFONO: _____

FIRMA: _____

[Firma manuscrita]
CESAR GUZMAN ZUNIGA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 108119

0	= NO VALIDO
1	= VALIDO

Estudio de la corrosión del concreto de mediana resistencia por efecto de los sulfatos utilizando cemento quisqueya tipo I - Lima 2018

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
2	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	docplayer.es Fuente de Internet	1%
5	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	cdigital.dgb.uanl.mx Fuente de Internet	1%
7	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

CHACÓN QUILLAY, MICHAEL JHONATAN

INFORME TITULADO:

ESTUDIO DE LA CORROSIÓN DEL CONCRETO DE MEDIANA RESISTENCIA
POR EFECTO DE SULFATOS UTILIZANDO COMO DISOLVENTE TIPO I -
LIMA 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: 04/12/2018

NOTA O MENCIÓN: 16 (DIEZ Y SEIS)


FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN



 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo MIGUEL JHONATAN GUACÓN Guillay....., identificado con DNI N° 47093046.....

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

" ESTUDIO DE LA CORROSIÓN DEL CONCRETO DE MEDIANA RESISTENCIA POR EFECTO DE SULFATOS UTILIZANDO CEMENTO QUISQUEYA TIPO J - CIMA 2018 "

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



 FIRMA
 DNI: 47093046.....
 FECHA: 11 de NOVIEMBRE del 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo, Carlos Alberto Villegas Martínez.....

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:

.. ESTUDIO DE LA CORROSIÓN DEL CONCRETO DE MEDIANA RESISTENCIA
POR EFECTO DE LOS SULFATOS UTILIZANDO CEMENTO QUISQUEÑA TIPO I -
LIMA 2018

del (de la) estudiante MICHAEL JONATHAN CASCÓN QUILLEY.....

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha LIMA 11 DE DICIEMBRE DE 2018

Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Carlos Alberto Villegas Martínez.....

DNI: 08564235.....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

feedback studio Michael Jhonatan Chacón Quillay Estudio de la corrosión del concreto de envidiana resistencia por efecto de los sulfatos utilizando cemento quispaya tipo 1 - Lima 2018

Resumen de coincidencias **13**

Se están viendo fuentes estándar

Voy a fuentes en inglés (Beta)

13

1 Erroregado a Universidad. 2%

2 Erroregado a Universidad. 1%

3 respositorio unacademy 1%

4 Gorgyplay en 1%

5 cybertrix una edupia 1%

6 edupia (ip) unadms 1%

7 tesis unacademy 1%

8 respositorio una edu pe <1%

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Titulo de la comisión de examen de mediana resistencia por efecto de los sulfatos utilizando cemento Quispaya tipo 1 - Lima 2018

IMPRES PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:
Michael Jhonatan Chacón Quillay

ASESOR:
Mg. Ing. Carlos Alberto V. Jazay Martínez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Diseño, Simulación y Construcción

LIMA - PERÚ
2018

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
ICV
INSTITUTO TECNOLÓGICO
Y DE INVESTIGACIONES
CIVIL
LIMA

Test only Report High Resolution

Página 1 de 114 Número de palabras: 24191