



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DEL ADITIVO INHIBIDOR DE
CORROSIÓN SIKA® CNI EN LA VELOCIDAD DE
CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN
CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS
DE LA ZONA COSTERA DE TRUJILLO, 2018

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Bach. Gerson Miguel Castillo Pinillos

Bach. Rohaldo Abidan Ortiz Esquivel

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres **Gerson Miguel Castillo Pinillos y Rohaldo Abidan Ortiz Esquivel**, denominada:

“INFLUENCIA DEL ADITIVO INHIBIDOR DE CORROSIÓN SIKA® CNI EN LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA ZONA COSTERA DE TRUJILLO, 2018”

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz
ASESOR

MBA. Josualdo Villar Quiroz
JURADO
PRESIDENTE

Mg. Ing. Wiston Azañedo Medina
JURADO

Ing. Carlos Fernández Fernández
JURADO

DEDICATORIA

A **Dios**, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, **Luis Castillo** y **Miriam Pinillos**, que son el centro de mi vida. Sin su apoyo, ayuda y sacrificio no lo habría logrado. Gracias por todo el amor que siempre me han dado, son los mejores padres que cualquiera podría pedir.

A mis abuelos, que durante toda mi vida me cuidaron y me dieron su amor incondicional. Y a toda mi familia en general, porque me brindaron su apoyo en todo momento.

Gerson Miguel Castillo Pinillos

DEDICATORIA

A **Dios**, por guiarme y estar conmigo en cada paso que doy, por darme fortaleza para superar las dificultades en la vida y lograr concluir mi carrera profesional.

A mis padres, **Hipólito Ortiz** y **María Esquivel**, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional y sus consejos para hacer de mí una mejor persona. Sin ustedes no lo habría logrado.

A toda mi familia y amigos en general, por brindarme su confianza y estar siempre en los momentos difíciles.

Rohaldo Abidan Ortiz Esquivel

AGRADECIMIENTO

Ante todo, agradecemos a Dios, por habernos acompañado y guiado a lo largo de la carrera y por darnos vida suficiente para cumplir una de nuestras más importantes metas en compañía de nuestros seres queridos.

A nuestros padres, por darnos el apoyo, cariño y comprensión a lo largo de nuestra vida y sobre todo por habernos dado la oportunidad de tener una excelente educación. Porque sin ustedes y sin su ejemplo no habiéramos llegado a ser quienes somos.

A nuestro asesor, Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz, por ser un ejemplo notable de persona, amigo y profesional, quien ha sido pieza fundamental en la realización de esta tesis. Gracias por su esfuerzo, por su paciencia y compromiso, este logro también es suyo.

Al Jefe de Laboratorio de la Universidad Privada del Norte, Wesley Leonardo Carrasco, por apoyarnos y colaborar en la realización de los ensayos de esta tesis. Del mismo modo, se agradece al Responsable del Laboratorio de Tecnología de los Recubrimientos de la Universidad Nacional de Trujillo, Ing. Dionicio Otiniano Méndez, por el apoyo y el tiempo brindado para cumplir los objetivos de la investigación.

A nuestro amigo incondicional, Frank Ulloa, por el apoyo moral y la ayuda desinteresada durante la elaboración de esta tesis.

Y a todas las personas y familiares que estuvieron con nosotros en la realización de esta tesis, ya que sin sus conocimientos, apoyo y comprensión, todo hubiese sido más difícil...

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3. JUSTIFICACIÓN	17
1.4. LIMITACIONES.....	18
1.5. OBJETIVOS	19
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. ANTECEDENTES	20
2.2. BASES TEÓRICAS.....	21
2.2.1. <i>CORROSIÓN EN EL CONCRETO ARMADO</i>	21
2.2.2. <i>ADITIVO INHIBIDOR DE CORROSIÓN SIKA® CNI</i>	35
2.2.3. <i>INFLUENCIA DEL ADITIVO INHIBIDOR DE CORROSIÓN SIKA® CNI EN LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO</i>	37
2.3. HIPÓTESIS	38
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	39
3.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	39
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	39
3.3. UNIDAD DE ESTUDIO	40
3.4. POBLACIÓN	40
3.5. MUESTRA.....	40
3.6. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .	42
3.6.1. <i>SELECCIÓN DE CANTERA</i>	43
3.6.2. <i>ENSAYOS A LOS AGREGADOS</i>	43
3.6.3. <i>DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</i>	47
3.6.4. <i>ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO</i>	48
3.6.5. <i>ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO</i>	50

3.6.6.	ENSAYOS AL ACERO DE REFUERZO	51
3.7.	MÉTODOS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS	52
CAPÍTULO 4. RESULTADOS		53
4.1.	ENSAYOS A LOS AGREGADOS	53
4.1.1.	HUMEDAD	53
4.1.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	54
4.1.3.	PESO UNITARIO	55
4.1.4.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO	57
4.1.5.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO	57
4.2.	DISEÑO DE MEZCLA	58
4.2.1.	MATERIALES PARA LA DOSIFICACIÓN DE CONCRETO	58
4.2.2.	DOSIFICACIONES	60
4.3.	ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO	63
4.4.	ELABORACIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO ARMADO	66
4.5.	ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	68
4.5.1.	ASENTAMIENTO (SLUMP)	68
4.5.2.	PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE	69
4.5.3.	TEMPERATURA	71
4.6.	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	71
4.7.	PÉRDIDA DE MASA	76
4.8.	VELOCIDAD DE CORROSIÓN	81
4.9.	ANÁLISIS DE DATOS	88
4.9.1.	PRUEBA DE NORMALIDAD	88
4.9.2.	PRUEBA DE HIPÓTESIS	89
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN		94
5.1.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	94
5.1.1.	ENSAYOS A LOS AGREGADOS	94
5.1.2.	ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	95
5.1.3.	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	96
5.1.4.	PÉRDIDA DE MASA	96
5.1.5.	VELOCIDAD DE CORROSIÓN	97
5.1.6.	ANÁLISIS DE DATOS	99
5.2.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS UNITARIOS	101
CONCLUSIONES		102
RECOMENDACIONES		103
REFERENCIAS		104
ANEXOS		108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Componentes Metodológicos y Referenciales de la Hipótesis.....	38
Tabla 3.1. Matriz de Operacionalización de Variables.....	39
Tabla 3.2. Probetas de Concreto Armado a elaborar para evaluar Velocidad de Corrosión.....	41
Tabla 4.1. Contenido de Humedad del Agregado Fino.....	53
Tabla 4.2. Contenido de Humedad del Agregado Grueso.....	53
Tabla 4.3. Peso Unitario Suelto Seco (PUSS) del Agregado Fino.....	55
Tabla 4.4. Peso Unitario Compactado Seco (PUCS) del Agregado Fino.....	56
Tabla 4.5. Peso Unitario Suelto Seco (PUSS) del Agregado Grueso.....	56
Tabla 4.6. Peso Unitario Compactado Seco (PUCS) del Agregado Grueso.....	56
Tabla 4.7. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.....	57
Tabla 4.8. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.....	58
Tabla 4.9. Propiedades Físicas del Agregado Grueso.....	59
Tabla 4.10. Propiedades Físicas del Agregado Fino.....	59
Tabla 4.11. Datos Técnicos de Sika® CNI.....	59
Tabla 4.12. Dosificación Concreto A/C = 0.55.....	60
Tabla 4.13. Dosificación Concreto A/C = 0.55 + Sika® CNI.....	61
Tabla 4.14. Dosificación Concreto A/C = 0.60.....	61
Tabla 4.15. Dosificación Concreto A/C = 0.60 + Sika® CNI.....	62
Tabla 4.16. Dosificación Concreto A/C = 0.65.....	62
Tabla 4.17. Dosificación Concreto A/C = 0.65 + Sika® CNI.....	63
Tabla 4.18. Probetas de Concreto Simple a Elaborar para evaluar Resistencia a Compresión	64
Tabla 4.19. Elaboración, Desencofrado, Curado y Ensayo a Compresión de Probetas Concreto A/C = 0.55.....	64
Tabla 4.20. Elaboración, Desencofrado, Curado y Ensayo a Compresión de Probetas Concreto A/C = 0.55 + Sika® CNI.....	64
Tabla 4.21. Elaboración, Desencofrado, Curado y Ensayo a Compresión de Probetas Concreto A/C = 0.60.....	65

Tabla 4.22. Elaboración, Desencofrado, Curado y Ensayo a Compresión de Probetas Concreto A/C = 0.60 + Sika® CNI.....	65
Tabla 4.23. Elaboración, Desencofrado, Curado y Ensayo a Compresión de Probetas Concreto A/C = 0.65.....	65
Tabla 4.24. Elaboración, Desencofrado, Curado y Ensayo a Compresión de Probetas Concreto A/C = 0.65 + Sika® CNI.....	66
Tabla 4.25. Elaboración, Codificación, Tiempo y Lugar de Exposición de Probetas de Concreto Armado A/C = 0.55.....	66
Tabla 4.26. Elaboración, Codificación, Tiempo y Lugar de Exposición de Probetas de Concreto Armado A/C = 0.55 + Sika® CNI.....	67
Tabla 4.27. Elaboración, Codificación, Tiempo y Lugar de Exposición de Probetas de Concreto Armado A/C = 0.60.....	67
Tabla 4.28. Elaboración, Codificación, Tiempo y Lugar de Exposición de Probetas de Concreto Armado A/C = 0.60 + Sika® CNI.....	67
Tabla 4.29. Elaboración, Codificación, Tiempo y Lugar de Exposición de Probetas de Concreto Armado A/C = 0.65.....	68
Tabla 4.30. Elaboración, Codificación, Tiempo y Lugar de Exposición de Probetas de Concreto Armado A/C = 0.65 + Sika® CNI.....	68
Tabla 4.31. Asentamiento (Slump) para cada Diseño de Mezcla.....	69
Tabla 4.32. Peso Unitario y Contenido de Aire (A/C = 0.55).....	69
Tabla 4.33. Peso Unitario y Contenido de Aire (A/C = 0.60).....	70
Tabla 4.34. Peso Unitario y Contenido de Aire (A/C = 0.65).....	70
Tabla 4.35. Temperatura para cada Diseño de Mezcla.....	71
Tabla 4.36. Comparación de Resultados de Resistencia a Compresión.....	76
Tabla 4.37. Resultados de Pérdida de Masa en Probetas expuestas en Buenos Aires.....	78
Tabla 4.38. Resultados de Pérdida de Masa en Probetas expuestas en Huanchaco.....	79
Tabla 4.39. Resultados de Pérdida de Masa en Probetas expuestas en Salaverry.....	80
Tabla 4.40. Porcentaje de Disminución de Velocidad de Corrosión.....	87
Tabla 4.41. Prueba de Normalidad – Zona de Exposición Buenos Aires.....	88
Tabla 4.42. Prueba de Normalidad – Zona de Exposición Huanchaco.....	88

Tabla 4.43. Prueba de Normalidad – Zona de Exposición Salaverry.....	89
Tabla 4.44. Prueba T-Student – A/C = 0.55 – Buenos Aires.....	89
Tabla 4.45. Prueba T-Student – A/C = 0.60 – Buenos Aires.....	90
Tabla 4.46. Prueba T-Student – A/C = 0.65 – Buenos Aires.....	90
Tabla 4.47. Prueba T-Student – A/C = 0.55 – Huanchaco.....	91
Tabla 4.48. Prueba T-Student – A/C = 0.60 – Huanchaco.....	91
Tabla 4.49. Prueba T-Student – A/C = 0.65 – Huanchaco.....	92
Tabla 4.50. Prueba T-Student – A/C = 0.55 – Salaverry.....	92
Tabla 4.51. Prueba T-Student – A/C = 0.60 – Salaverry.....	93
Tabla 4.52. Prueba T-Student – A/C = 0.65 – Salaverry.....	93
Tabla 5.1. Valores de Significancia y Prueba de Hipótesis.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Visualización simplificada de la red de poros del concreto.....	24
Figura 2.2. Representación Electroquímica del Acero y el Concreto.....	27
Figura 2.3. Período de Iniciación y Propagación de Corrosión en una Estructura de Concreto Armado.....	29
Figura 2.4. Tipos de Corrosión del Acero de Refuerzo del Concreto.....	32
Figura 2.5. Valores típicos de la velocidad de corrosión dependiendo del daño y de la humedad relativa.....	34
Figura 3.1. Diagrama de Flujo para Recolección de Datos.....	42
Figura 4.1. Curva Granulométrica del Agregado Fino.....	54
Figura 4.2. Curva Granulométrica del Agregado Grueso.....	55
Figura 4.3. Resistencia a Compresión Concreto A/C = 0.55.....	72
Figura 4.4. Resistencia a Compresión Concreto A/C = 0.55 + Sika® CNI.....	72
Figura 4.5. Resistencia a Compresión Concreto A/C = 0.60.....	73
Figura 4.6. Resistencia a Compresión Concreto A/C = 0.60 + Sika® CNI.....	74
Figura 4.7. Resistencia a Compresión Concreto A/C = 0.65.....	74
Figura 4.8. Resistencia a Compresión Concreto A/C = 0.65 + Sika® CNI.....	75
Figura 4.9. Mapa de las zonas de exposición de ambiente marino.....	77
Figura 4.10. Velocidad de Corrosión Concreto A/C = 0.55.....	81
Figura 4.11. Velocidad de Corrosión Concreto A/C = 0.55 + Sika® CNI.....	82
Figura 4.12. Velocidad de Corrosión Concreto A/C = 0.60.....	82
Figura 4.13. Velocidad de Corrosión Concreto A/C = 0.60 + Sika® CNI.....	83
Figura 4.14. Velocidad de Corrosión Concreto A/C = 0.65.....	84
Figura 4.15. Velocidad de Corrosión Concreto A/C = 0.65 + Sika® CNI.....	85
Figura 4.16. Comparación de resultados de Velocidad de Corrosión.....	86
Figura 5.1. Comparación de Resultados de Resistencia a Compresión – Velocidad de Corrosión.....	98
Figura 9.1. Tamices para realizar Granulometría del Agregado Fino.....	164
Figura 9.2. Inicio del Proceso de Tamizado del Agregado Grueso.....	164

Figura 9.3. Proceso de Tamizado del Agregado Grueso Finalizado.....	165
Figura 9.4. Llenado de Agregado Grueso en Recipiente para determinar Peso Unitario.....	165
Figura 9.5. Saturación de Agregado Grueso para determinar Peso Específico.....	166
Figura 9.6. Medida del Peso de la Muestra Sumergida para determinar Peso Específico....	166
Figura 9.7. Agregado Fino en estado de Superficie Seca.....	167
Figura 9.8. Desengrase de probetas de acero para la remoción de impurezas.....	167
Figura 9.9. Limpieza de probetas de acero en solución al 50% de ácido clorhídrico (HCL) y agua destilada.....	168
Figura 9.10. Medición del Peso de probetas de acero luego de eliminar los productos de corrosión.....	168
Figura 9.11. Moldes cilíndricos y prismáticos para especímenes de concreto simple y armado.....	169
Figura 9.12. Adición del Aditivo Inhibidor de Corrosión Sika® CNI a la Mezcla de Concreto.....	169
Figura 9.13. Medida del Asentamiento (SLUMP) del Concreto en Estado Fresco.....	170
Figura 9.14. Medida del Contenido de Aire del Concreto en Estado Fresco.....	170
Figura 9.15. Medida de la Temperatura del Concreto en Estado Fresco.....	171
Figura 9.16. Especímenes Cilíndricos de Concreto A/C = 0.55.....	171
Figura 9.17. Especímenes de Concreto Armado de 9cm x 9cm x 18cm.....	172
Figura 9.18. Ensayo de Resistencia a Compresión en Especímenes Cilíndricos de Concreto.....	172
Figura 9.19. Especímenes de concreto armado expuestos en Buenos Aires.....	173
Figura 9.20. Especímenes de concreto armado expuestos en Huanchaco.....	173
Figura 9.21. Especímenes de concreto armado expuestos en Salaverry.....	174
Figura 9.22. Proceso de Limpieza Final de Probetas de Acero luego de la exposición.....	174

RESUMEN

La presente tesis de investigación, está dirigida especialmente a estructuras de concreto armado expuestas a ambientes marinos con alta concentración de cloruros, ya que estos pueden generar el deterioro de la estructura, llevándola al colapso si es que no es detectada y reparada a tiempo.

Las estructuras de concreto armado son consideradas estructuras durables con bajo costo de mantenimiento, sin embargo, el Perú cuenta con una amplia zona costera, donde los problemas de durabilidad de las estructuras son cada vez más notorios, ya que las patologías ocasionadas por el fenómeno de corrosión disminuyen su funcionalidad.

El proceso de corrosión es un fenómeno que se desarrolla de una manera invisible y lenta en el interior de la estructura, ocasionando la formación de herrumbre en el acero de refuerzo, la cual disminuye la sección original de la varilla, hace perder la adherencia inicial deseada entre el acero y el concreto, y a medida que se va formando, ésta ejerce una gran presión sobre el concreto que lo rodea, provocando grietas que lo fragilizan, y por ende una pérdida en la capacidad estructural del elemento.

Es por ello que, la tesis que se presenta, pretende contribuir a entender mejor el comportamiento del concreto armado frente al ataque de agentes corrosivos, proponiéndose el uso del aditivo Inhibidor de Corrosión Sika® CNI en especímenes de concreto con relaciones agua/cemento de 0.55, 0.60 y 0.65, expuestos en las zonas de ambiente marinos en Buenos Aires, Huanchaco y Salaverry. Asimismo, se realizaron ensayos experimentales para los agregados, acero de refuerzo y concreto, con el fin de evaluar sus propiedades en cada fase de la investigación.

Finalmente, a partir del estudio de las variables presentes en la investigación, se obtuvieron resultados excelentes para el concreto, tanto en beneficio como en costo, por lo que resulta factible incorporar el aditivo Sika® CNI como inhibidor de corrosión en concreto armado.

ABSTRACT

The present investigation is aimed especially at reinforced concrete structures exposed to marine environments with a high concentration of chlorides, because these can generate the deterioration of the structure, leading to collapse if it's not detected and repaired in time.

Reinforced concrete structures are considered durable structures with low maintenance cost, however, Peru has a large coastal area, where the problems of durability of the structures are increasingly notorious, since the pathologies caused by the phenomenon of corrosion decrease its functionality.

The corrosion process is a phenomenon that develops in an invisible and slow way inside the structure, causing the formation of rust in the reinforcing steel, which decreases the original section of the rod, makes lose the initial adhesion desired between steel and concrete, and as it's formed, it exerts a great pressure on the concrete that surrounds it, causing cracks that weaken it, and therefore a loss in the structural capacity of the element.

That is why, the thesis that is presented, aims to contribute to better understand the behavior of reinforced concrete against the attack of corrosive agents, proposing the use of the Sika® CNI Corrosion Inhibitor additive in concrete specimens with water / cement ratios of 0.55. , 0.60 and 0.65, exposed in the marine environment zones in Buenos Aires, Huanchaco and Salaverry. Likewise, experimental tests were carried out for the aggregates, reinforcing steel and concrete, in order to evaluate their properties in each phase of the investigation.

Finally, from the study of the variables present in the research, excellent results were obtained for the concrete, both in benefit and in cost, for which it is feasible to incorporate the Sika® CNI additive as an inhibitor of corrosion in reinforced concrete.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Las grandes virtudes del concreto armado como material de construcción, determinaron a fines del siglo pasado y principios del presente, una rápida expansión en su utilización, siendo considerado como un material de duración ilimitada; sin embargo, cada día aumenta el número de estructuras deterioradas por corrosión del acero de refuerzo (Cerna y Galicia, 2010).

En la actualidad las estructuras de concreto armado, tales como edificios, puentes, pilares, tanques, etc., son parte importante de nuestra infraestructura. (Gómez, 2014). En este sentido, la preservación de estas estructuras es esencial, pues su degradación implica pérdidas financieras; a nivel mundial, se estima que el 40% del total de las estructuras de concreto armado deben tener algún mantenimiento y/o reparación, mientras que el resto debe ser reemplazado por completo (Herrera, Franco, Miranda, Hernández, Espinoza y Fajardo, 2015).

Aproximadamente, en un país de primer mundo como USA, Japón y Gran Bretaña, las pérdidas por corrosión ascienden entre el 3.5 y 4.5% del PBI, en México, de acuerdo con un reporte de daños de la Red Federal de Carreteras se informa que poco más de 6000 puentes presentan algún grado de deterioro por corrosión; debido a esto el estudio de la corrosión del acero de refuerzo ha llegado a ocupar un papel importante a nivel mundial, por la gran ocurrencia del problema y por los elevados costos de reparación (Martínez, 2015).

Herrera et al. (2015), explica que “la corrosión es el proceso de deterioro de los materiales en el que se afectan principalmente las propiedades físicas, causado por reacciones electroquímicas (oxidación y reducción) que se generan al ponerse en contacto en su entorno de servicio” (p. 10).

En Perú, no se cuenta aún con estadísticas consolidadas sobre el estado actual de las estructuras con riesgo de colapso que deben ser reparadas o reemplazadas, sin embargo se conoce que un grupo importante de estructuras como puentes y puertos construidos en el siglo XX necesitan urgentemente una reparación para mantener la seguridad de las personas que las usan (Díaz, Pasquel, Sotomayor y Baca, 2016).

Además, el Perú cuenta con una amplia zona costera, donde los problemas de durabilidad de las estructuras son cada vez más notorios, es así que resulta importante la inclusión de los conceptos del proceso de corrosión y técnicas para la protección del concreto armado (Seminario, 2003).

El ambiente marino es conocido como un entorno muy agresivo, pues la corrosión del acero de refuerzo es el principal proceso de degradación del concreto armado, debido a la acción de los cloruros del agua salada. (Gómez, 2014). Estos cloruros van penetrando a través de los poros y las fisuras del concreto, y cuando alcanzan el acero en cantidad suficiente, producen la rotura local de la capa pasiva del acero (Perepérez, Barberá y Andrade, 1987).

El proceso de corrosión puede ocasionar manchas en la superficie del concreto, fisuración con posterior desprendimiento del recubrimiento, reducción de la sección del acero de refuerzo y el concreto, con la consecuente disminución de la capacidad portante de la estructura (Aguilar, 2013). Por ejemplo, se realizaron ensayos en vigas corroídas, los cuales indican que la capacidad por flexión se redujo al 80% M_u para el 10% de corrosión, y al 60% M_u para el 30% de corrosión; el efecto en columnas se muestra con la reducción de la sección de las barras de estribos y barras verticales y se pierde adherencia de las barras expuestas, aumentando el riesgo de pandeo de las barras de compresión (Díaz et al., 2016).

Ante estas manifestaciones patológicas, se observa en general una actitud irresponsable, que conduce en algunos casos a simples reparaciones superficiales y en otros a demoliciones o refuerzos injustificados (Martínez, 2004).

La National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) (s.f.), explica que la primera defensa contra la corrosión del acero en el concreto es la calidad del concreto y un recubrimiento suficiente alrededor de las barras de refuerzo, el concreto de calidad tiene una relación agua/cemento (A/C) que es lo suficientemente baja para disminuir la penetración de las sales de cloruro y el desarrollo de la carbonatación.

En resumen, se puede considerar que el fenómeno de corrosión del acero afecta significativamente las características funcionales del concreto armado, comprometiéndose no sólo la integridad estructural, sino la vida misma de las personas que las ocupan (Zapata, 2008).

Para estimar la vida útil de una estructura de concreto armado, es necesario conocer la velocidad de corrosión del acero de refuerzo (Del Valle, Pérez y Martínez, 2001). El cálculo de la vida útil del concreto armado debe contabilizar el período de iniciación (tiempo que tardan los cloruros en alcanzar el nivel del acero y despasivarlas) y el período de propagación (tiempo que tarda en producirse la fisuración del recubrimiento) de la corrosión (Bermúdez, 2007).

Cabe resaltar que la velocidad real de la corrosión del concreto no ha podido determinarse hoy en día, porque la intensidad de los procesos de corrosión en la naturaleza dependen de una serie de condiciones no conocidas suficientemente, es decir varían de acuerdo a la zona y diversos factores (Cerna y Galicia, 2010).

Reyes (2011) explica que existen varios métodos para el control y prevención de la corrosión, uno de los métodos tradicionales más utilizados para disminuir la velocidad de corrosión, es el uso de inhibidores de corrosión. Se considera un inhibidor de corrosión a toda sustancia que añadida al concreto en pequeñas concentraciones disminuye la velocidad de corrosión del material, estos se añaden al agua del amasado en el proceso de su elaboración, por lo que suponen una ventaja por su fácil utilización (Saura, 2011).

En la ciudad de Trujillo, según Oyola (2007), las zonas de Buenos Aires, Salaverry y Huanchaco tienen la mayor velocidad de depósito de cloruros. El diario Perú 21 (2014), informa que la corrosión por el ambiente marino y el paso de los años han perjudicado la infraestructura del muelle de Huanchaco y necesita el cambio de pilotes para evitar su colapso.

Por lo anteriormente expuesto, se enfatiza la importancia del estudio de la corrosión en el acero de refuerzo del concreto armado y surge la problemática de evaluar la velocidad del proceso de corrosión en acero embebido en concreto modificado con aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI a diferentes relaciones agua/cemento en las zonas de Huanchaco, Salaverry y Buenos Aires.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la influencia del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI en la velocidad de corrosión de acero embebido en concreto elaborado con cemento portland tipo I, con relaciones agua/cemento de 0.55, 0.60 y 0.65 en las zonas de Salaverry, Huanchaco y Buenos Aires en el año 2018?

1.3. JUSTIFICACIÓN

En la vida diaria con frecuencia consideramos a la corrosión de los metales como algo molesto que debemos prevenir, evitar o retardar para poder usarlos durante un mayor tiempo. Este mismo fenómeno ocurre en el acero de refuerzo del concreto armado; sin embargo, el inicio de la corrosión en las estructuras de concreto permanece encubierto y cuando se descubre el daño, muchas veces, ya es irreparable.

Si se tuviera la costumbre de realizar inspecciones periódicas a las estructuras, se podría solucionar a tiempo los problemas que ocasiona la corrosión, con esto se beneficiarían los dueños del inmueble y se evitarían gastos innecesarios de reparación. Varios de los estudios efectuados han señalado que entre un 20 y un 25% del costo total de la corrosión pudiera haberse evitado, mediante una mejor aplicación de las diferentes técnicas anticorrosión existentes y con una mayor toma de conciencia de los riesgos que conlleva la corrosión.

Avendaño (2006), explica la relevancia de costos mediante la Ley de Sitter, que asigna un valor relativo de una unidad a las decisiones que se toman durante el proceso de diseño y planificación de un proyecto; las medidas tomadas en la construcción tienen un impacto del costo cinco veces mayor, el mantenimiento preventivo tiene un costo 25 veces mayor y el costo de mantenimiento correctivo tiene un impacto de 125 veces el costo de diseño.

Debido a esto, la participación del Ingeniero Civil es de carácter esencial, pues se debe tomar conciencia de la importancia del fenómeno de corrosión y velar por el beneficio sostenido en el desarrollo de nuestro país. Por lo tanto, existe un gran interés en el campo de la construcción hacia la investigación del comportamiento de sustancias inhibidoras del proceso de corrosión del acero de refuerzo.

La presente investigación tiene el propósito de evaluar la velocidad de corrosión en el concreto, aplicándole el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI. Para lograr esto, se elaborarán especímenes de concreto armado, que serán expuestos a ambiente marino como Salaverry, Huanchaco y Buenos Aires, con un tiempo de exposición de aproximadamente 1 año, tiempo establecido de acuerdo a los parámetros de la Norma ISO/TC 156 /WG 4 (2014).

Además, esta investigación contribuirá con información esencial acerca del comportamiento del concreto armado frente al proceso de corrosión, demostrando que el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI es una alternativa útil y eficaz para el control y la disminución de la velocidad de corrosión en el concreto, que será de gran utilidad para los colegas ingenieros civiles al ejecutar proyectos en la zona costera de Trujillo.

1.4. LIMITACIONES

En todo trabajo de investigación se presentan ciertas limitaciones, en las cuales se tiene el mínimo o nulo control de estos aspectos.

La limitación principal de esta investigación, es el tiempo de exposición de los especímenes de concreto ante el ambiente marino, el cual es como mínimo de 1 año. Sin embargo, realizar simulaciones aceleradas reduce el tiempo de estudio y aporta información útil en esta rama, ya que motiva a futuras investigaciones basadas en los resultados obtenidos, con la finalidad de hacer variaciones en la metodología expuesta.

Por tratarse de una tesis de investigación de licenciatura se optó por exponer al ambiente marino a las probetas de estudio durante 1 año, no obstante, esto no afectará la validez de los resultados a obtener.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI en la velocidad de corrosión de acero embebido en concreto elaborado con cemento portland tipo I, con relaciones agua/cemento de 0.55, 0.60 y 0.65 en las zonas de Salaverry, Huanchaco y Buenos Aires en el año 2018.

1.5.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento del concreto armado con inhibidor de corrosión para las 3 relaciones A/C propuestas.
- Comparar el deterioro por corrosión del acero de refuerzo en las tres zonas en estudio.
- Identificar las variables del medio en que se desarrolló la investigación que más influyen en el proceso de corrosión.
- Definir los requisitos de calidad del concreto necesarios en los ambientes marinos de las zonas de estudio.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

- a) Torres, Martínez, Lomelí y Pérez (2010), evaluaron el comportamiento a la corrosión del acero de refuerzo en concreto usando cactus deshidratado (*Opuntia Ficus Indica*, nopal) como aditivo inhibidor en concreto. La adición del cactus deshidratado es mezclada en diferentes concentraciones en relación con el peso del cemento (0,10%, 0,25%, 0,5%, y 1,0%) y fueron realizados en diferentes periodos de tiempo para caracterizar el posible efecto inhibidor de la corrosión por las adiciones de cactus probadas. Los resultados demostraron que el nopal deshidratado presenta un buen efecto inhibidor de la corrosión en el acero de refuerzo, en todos los especímenes probados, cuando los iones cloruro están presentes y que su uso puede ser conveniente para la durabilidad que se presente en entornos alcalinos, especialmente en estructuras de concreto.
- b) Molina (2010), evaluó la corrosión del acero embebido en concreto con adición de microsilíce, para ello elaboró especímenes con una dosificación de las mezclas de concreto peso a peso con tres relaciones de agua/cemento ($a/c = 0.4, 0.5, \text{ y } 0.6$) y con 10% de microsilíce como aditivo. Estos fueron expuestos durante 180 días a soluciones de 3000 y 6000 ppm de Na_2SO_4 y 3,5% de NaCl , con ciclos de 24 horas de humedecimiento y secado. Se determinó que los especímenes que fueron sumergidos en mayor concentración de Na_2SO_4 y de mayor relación agua/cemento sufrieron mayor daño en la masa de concreto y en el refuerzo de acero por la acción de los iones de sulfato y cloruro.
- c) Cerna y Galicia (2010), orientaron su estudio a las edificaciones de concreto armado de 3 zonas de la ciudad de Chimbote, teniendo como punto de análisis el comportamiento del material, en el aspecto de corrosión. En el desarrollo de la investigación, se identifica la interacción entre la corrosión y el concreto, donde se mostraron los factores y causales preliminares que conllevan al efecto negativo del concreto en el tiempo, realizándose recomendaciones constructivas de acuerdo al contexto de la ciudad de Chimbote, teniendo la consideración principal que las estructuras deben de cumplir con los requerimientos exigidos en el país. Se concluyó que en las 3 zonas de estudio, las obras de concreto armado presentan patologías por el efecto de corrosión en el acero de refuerzo, predominando el daño en las columnas como principal peligro estructural. Finalmente, se recomendó el uso de inhibidores de corrosión que se agrega a la mezcla de concreto para proteger la armadura contra el ataque corrosivo, siendo el método de mejor solución en construcciones ubicadas en zonas de ambientes marinos.

- d) Saura (2011), estudió la aplicación inhibidores en el inicio y propagación del proceso de corrosión de las armaduras en el concreto armado, siendo el principal objetivo de estudio, la acción inhibidora de nitrito de sodio, nitrato de sodio, hexametiltetraamina y reductor de Cromo (VI), ante la presencia de cloruros. El Nitrito de sodio y el Nitrato de sodio ofrecieron un efecto inhibidor aceptable al principio del período de propagación de la corrosión, cuando la concentración de cloruros no es muy alta; si se produce un excesivo aumento en la concentración de estos inhibidores, se reduce su efecto, incluso puede ser negativo. Es por ello que, ante un medio agresivo con alta presencia de cloruros, se pretende encontrar el inhibidor de corrosión adecuado que permita retardar el inicio y propagación de corrosión, para la presente investigación se opta usar un inhibidor de corrosión a base de Nitrito de Calcio y evaluar su efecto en el proceso de corrosión.
- e) Gómez (2014), propuso el uso de Escorias de Cobre (EC) como aditivo inhibidor de corrosión en la mezcla de concreto armado con el objetivo de retardar el proceso de penetración del cloruro al acero de refuerzo. Para esto se elaboraron probetas de concreto con armaduras de acero embebido, adicionadas con Escoria de Cobre en distintos porcentajes (0, 10, 20 y 40% de escoria de cobre respecto al volumen del cemento), sometidas a un ambiente salino. Se encontró, que las probetas adicionadas con escoria de cobre tenían un mejor comportamiento frente al proceso de corrosión que las de control, siendo más efectivas las con un porcentaje de adición de 10 y 20% de EC. Por lo que se concluyó que es factible la utilización de escoria de cobre como complemento a las mezclas de concreto armado sometidas a un medio salino.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CORROSIÓN EN EL CONCRETO ARMADO

2.2.1.1. GENERALIDADES SOBRE EL CONCRETO ARMADO

El concreto es el material de construcción más adecuado para las estructuras, superando con grandes ventajas otras alternativas viables, como la madera o el acero (Torres et al., 2010).

Se define como un material constituido por una mezcla de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua, pudiendo llevar incorporados aditivos y/o adiciones en proporciones determinadas que le confieren resistencia, compacidad y durabilidad (Moreno, 2008).

El concreto simple (sin refuerzo) es un material que resiste muy bien los esfuerzos a compresión, sin embargo, presenta baja resistencia a los esfuerzos de tensión, lo cual puede ocasionar sus fisuras (Aguilar, 2013).

El concreto armado surge al unir el acero con el concreto simple, gracias a la elevada adherencia entre ambos, lo que produce una correcta transferencia de propiedades mecánicas, debido a que los esfuerzos de tracción que no puede soportar el concreto son transferidos al acero de refuerzo embebido en él (Martínez, 2015). Esto evita la falla de las estructuras de concreto que están sujetas a esfuerzos de tensión y flexión debido al tráfico, los vientos, las cargas muertas y los ciclos térmicos (NRMCA, s.f.).

2.2.1.1.1. Cemento:

Es un aglomerante hidráulico, es decir, una sustancia que mezclada con el agua reacciona hidratándose, esta reacción libera una cierta cantidad de calor y provoca el progresivo endurecimiento de la pasta de cemento (Zapata, 2008).

Existen diferentes tipos de cemento Portland, los cuales se encuentran clasificados de acuerdo con la norma C150 de la American Society for Testing and Materials (ASTM) (2017):

- Tipo I: Para usar cuando no se requieran las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.
- Tipo IA: Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo I, donde se desea incorporación de aire.
- Tipo II: Para uso general, más específicamente cuando se desea resistencia moderada a los sulfatos.
- Tipo II A: Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo II, donde se desea incorporación de aire.
- Tipo II (MH): Para uso general, más específicamente cuando se desea un calor de hidratación moderado y resistencia moderada a los sulfatos.
- Tipo II (MH) A: Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo II (MH), donde se desea incorporación de aire.
- Tipo III: Para usar cuando se desea alta resistencia temprana.
- Tipo IIIA: Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo II (MH), donde se desea incorporación de aire.
- Tipo IV: Para usar cuando se desea un bajo calor de hidratación
- Tipo V: Para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

2.2.1.1.2. Agregados:

Son materiales pétreos, de granulometría variable, de origen inorgánico y de procedencia natural o artificial (Monzón, 2012). Los agregados conforman la estructura granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan entre el 80 - 90% del peso total de concreto (Zapata, 2008).

Además, cumplen un papel de gran importancia en el concreto, ya que la resistencia de éste depende de la buena calidad de los agregados y sus propiedades afectan en gran medida tanto la durabilidad como el comportamiento estructural del concreto (Martínez, 2015).

2.2.1.1.3. Relación agua/cemento (a/c):

La relación a/c es la cantidad de agua utilizada con respecto a la cantidad de cemento, factor esencial, ya que la mezcla debe ser lo suficientemente semifluida, para manejarla cómodamente (Torres et al., 2010).

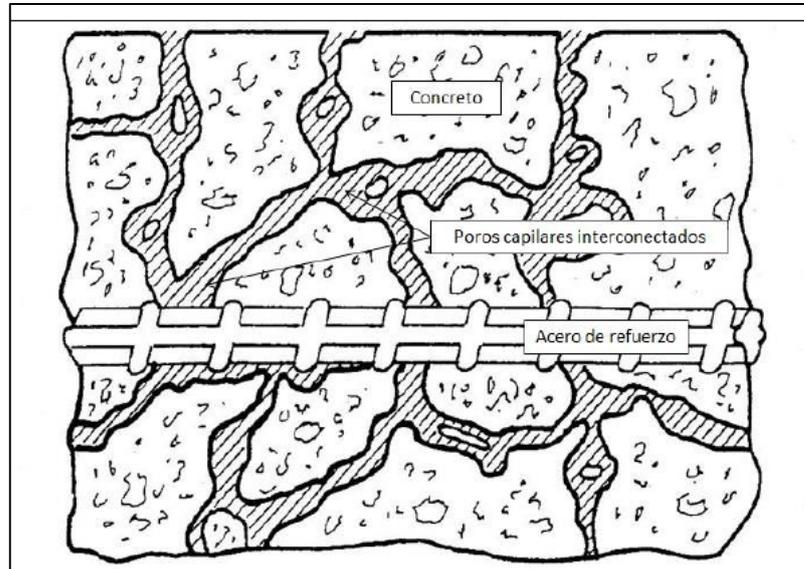
Para alcanzar una trabajabilidad adecuada en el concreto recién mezclado por lo general se usan relaciones a/c de entre 0.45 y 0.60 (Aguilar, 2013).

La cantidad de agua que se le agrega al cemento, es directamente proporcional a la cantidad de poros que existirán (Aguilar, 2013). Una pasta de cemento con poco contenido de agua estará más compacta, por lo que tendrá menos cantidad de poros capilares interconectados (que son permeables a líquidos y gases) donde se aloje la humedad; esto impedirá la difusión de iones que puedan iniciar el proceso de corrosión, lo contrario sucede en una pasta con mayor contenido de agua y por lo tanto, mayor porosidad y mayor permeabilidad (Martínez, 2015).

Dichos poros tienen diferentes tamaños que pueden clasificarse como poros de gel (0.2 nm), poros capilares con un tamaño que varía desde 50 nm hasta 1 μm y huecos (> 10 μm) debidos a la mala compactación del concreto (Aguilar, 2013).

Esto es de gran importancia para el proceso de corrosión del acero de refuerzo, ya que tanto los elementos soporte (como el oxígeno) como los agentes iniciadores (ion cloruro) del ataque corrosivo, pueden difundir hacia el acero a través de los poros presentes en la masa de concreto (Torres et al., 2010).

Figura 2.1. Visualización simplificada de la red de poros del concreto



Fuente: Aguilar (2013)

2.2.1.1.4. Curado:

Es el conjunto de medidas que tienen la función de proteger al concreto, desde el momento de la colocación hasta el desarrollo de resistencias suficientes, mejorando así la calidad (Zapata, 2008). Este desarrollo de resistencia se observa solo si el concreto se mantiene húmedo y a temperatura favorable, especialmente durante los primeros días; el curado se realiza con el fin de prevenir la evaporación del agua en el concreto, manteniendo la humedad para que se lleve a cabo satisfactoriamente la hidratación de los materiales cementantes y el endurecimiento apropiado del concreto (Martínez, 2015).

2.2.1.1.5. Acero de refuerzo:

El acero de refuerzo utilizado en construcción, es una aleación hierro-carbono, que generalmente tiene un acabado superficial en relieve llamado corrugado y se genera con fines técnicos de sismo resistencia (Molina, 2010). Es el componente metálico embebido en la masa de concreto que le proporciona resistencia a la tracción (Torres et al., 2010).

Como material de construcción, el acero de refuerzo se utiliza en distintas formas, la más común es la varilla corrugada que se fabrica de acero laminado en caliente (Martínez, 2015). En el Perú, se fabrican varillas corrugadas de acero ASTM A615 - Grado 60, desde 6mm hasta 1 3/8" (Aceros Arequipa, 2016).

Cuando el concreto se prepara correctamente, se convierte en un impedimento físico a la penetración por difusión de oxígeno, humedad, cloruros, anhídrido carbónico y otras sustancias agresivas hasta la superficie del acero, sin embargo, cuando estas condiciones no se satisfacen, el concreto se hace más permeable a agentes agresivos que ocasionan problemas de corrosión y causan su pronto deterioro (Torres et al., 2010).

2.2.1.1.6. Aditivos:

Los aditivos son sustancias o productos químicos que se adicionan al concreto antes o durante el mezclado del mismo, agregados en una proporción no superior al 5% del peso del cemento (Monzón, 2012).

Los aditivos se emplean para aportarle propiedades especiales al concreto fresco o endurecido y éstos pueden mejorar las características de durabilidad, trabajabilidad o resistencia de una mezcla dada de concreto; se emplean frecuentemente para vencer situaciones difíciles en la construcción como son los cambios bruscos de temperatura, requerimientos de bombeado, requerimientos de resistencia temprana, o para mejorar las condiciones de durabilidad del concreto (Zapata, 2008).

Según Monzón (2012), los principales aditivos utilizados son: plastificantes, fluidificantes, acelerantes o retardadores de fraguado, acelerantes de endurecimiento, inclusores de aire, anticongelantes, inhibidores de corrosión, etc.

2.2.1.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO

El concreto posee una alta resistencia a la compresión, esta depende del tiempo, ya que se desarrolla por reacciones de hidratación, las cuales requieren de un tiempo para completarse; igualmente depende de la relación agua/cemento (Rivero, 2010).

Al reducir la cantidad de agua, la resistencia del concreto aumenta, haciéndolo más fuerte y más durable, sin embargo hay un límite inferior para dicha relación, ya que al usar menos agua resulta más difícil trabajar el concreto, para obtener buenos resultados, es indispensable que la relación agua/cemento sea la correcta. (Martínez, 2004).

La resistencia de la estructura de concreto reforzado dependerá, tanto de la resistencia del concreto, como de la resistencia de la armadura. Cualquiera de las dos que se deteriore, comprometerá la estructura como un todo (Torres et al., 2010).

2.2.1.3. DURABILIDAD DEL CONCRETO

La durabilidad es la propiedad que tienen las estructuras de concreto armado, de mantener sus condiciones de resistencia y servicio, para las cuales han sido proyectadas, a lo largo de su vida útil frente a la exposición de ataques químicos y físicos de diferentes agentes (Seminario, 2003).

Esta exposición del concreto a condiciones severas de servicio (congelación y deshielo, humedecimiento y secado, calentamiento y enfriamiento, sustancias químicas agresivas y descongelantes), pueden disminuir su durabilidad; por tal motivo es necesario elegir bien los agregados, los materiales cementantes y los aditivos (González, 2011).

Para lograr mantener una estructura durable a lo largo de su vida útil, se debe considerar todos los posibles factores de degradación y actuar consecuentemente sobre cada una de las fases de proyecto, ejecución, uso y mantenimiento de la estructura (Monzón, 2012). Se entiende por degradación a la disminución gradual de las propiedades iniciales del material y son función de su ambiente de exposición o su función de servicio, es así como las estructuras de concreto armado, como cualquier material, se degradan y se ven comprometidas a cumplir con el objetivo de edificarlas (Aguilar, 2013).

Los factores de degradación pueden clasificarse en tres grandes grupos: físicos, químicos y mecánicos. Seminario (2003), explica que dentro de los factores mecánicos se encuentra el daño causado por impacto, erosión y la acción de las heladas; los factores químicos pueden ser diversos tales como el deterioro por reacción álcali - sílice, contaminación por ácidos y aceites, ataque por sulfatos; sin embargo, el fenómeno más dañino que compromete la durabilidad, es el de la corrosión del acero de refuerzo.

Entre las consideraciones más importantes a tener en cuenta, para mantener la durabilidad del concreto armado son las siguientes:

- **Compactación:** Es esencial para expeler todo el aire atrapado, para consolidar el concreto, reducir el riesgo de agrietamiento y asegurar una buena adhesión tanto entre las capas de concreto colocado como con el acero de refuerzo, siendo un factor importante para reducir la permeabilidad en el concreto (Seminario, 2003).
- **Relación agua/cemento (a/c):** Para obtener una estructura de concreto durable, se debe diseñar la misma con la menor relación a/c posible para contrarrestar los factores medioambientales y el ingreso de agentes agresivos externos como cloruros, sulfatos y sales (Díaz et al., 2016)
- **Recubrimiento:** Es el concreto que protege a la armadura contra la corrosión causada por el ingreso de agentes agresivos, es decir, el espacio entre la superficie de concreto expuesta al medio ambiente y el punto más cercano a la armadura (Seminario, 2003).

2.2.1.4. CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO

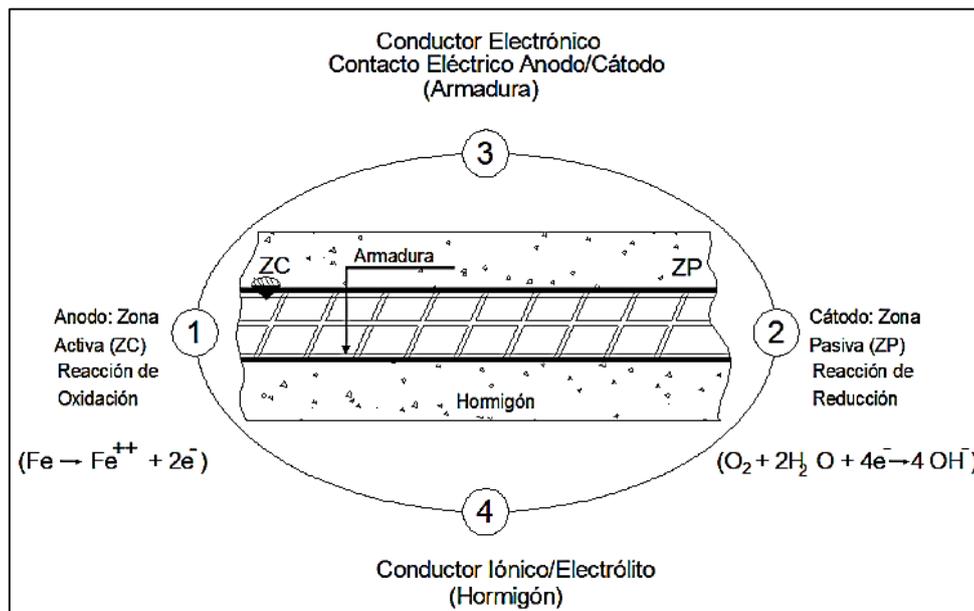
Según la norma ASTM G15 (2008), define a la corrosión como “la reacción química o electroquímica entre un material, usualmente un metal y su medio ambiente, que produce un deterioro del material y de sus propiedades”.

La corrosión del acero en el concreto es la oxidación destructiva del acero, por el medio que lo rodea (Aguilar, 2013). Se explica como un proceso electroquímico que requiere de una reacción de oxidación, otra de reducción y la circulación de iones a través del electrolito, de esta manera se presentan dos áreas sobre la superficie del metal, una de las cuales actúa como ánodo y la otra como cátodo; el concreto funciona como ion electrolítico dentro de un circuito cerrado, fenómeno que se produce por procesos de carbonatación o por penetración del ion cloruro (Zapata, 2008).

Cerna y Galicia (2010), en resumen consideran que para que se produzca la corrosión en el concreto se necesitan las siguientes condiciones:

- Un Ánodo, donde ocurre la oxidación.
- Un Cátodo, donde ocurre la reducción.
- Un Conductor Metálico donde la corriente eléctrica es el flujo de electrones.
- Un Electrolito, en ese caso el concreto, donde la corriente eléctrica es generada por el flujo de iones en un medio acuoso.

Figura 2.2. Representación Electroquímica del Acero y el Concreto



Fuente: Cerna y Galicia (2010)

Para el acero de refuerzo embebido en el concreto, la corrosión da como resultado la formación de óxido que tiene 2 a 4 veces el volumen del acero original y la pérdida de sus propiedades mecánicas óptimas, además produce descascaramiento y vacíos en la superficie del acero de refuerzo (Molina, 2010).

La integridad de una estructura de concreto armado depende tanto de la calidad de sus componentes como de su dosificación, para lograr las mejores propiedades que garanticen un periodo de vida útil prolongado (Del Valle, Pérez y Martínez, 2001).

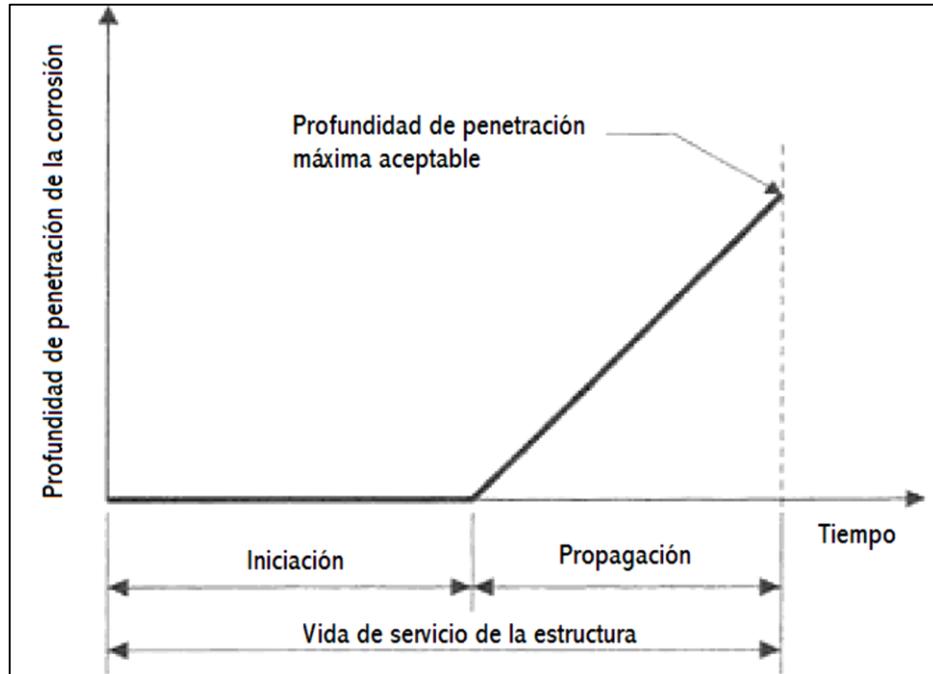
El concreto confiere al acero una protección de doble naturaleza, ya que no solo es una barrera física, sino que además le brinda una protección química (Seminario, 2003):

- Representa una barrera que separa al acero del contacto directo con la atmósfera, el espesor del recubrimiento y su permeabilidad son los factores esenciales que controlan la eficacia de esta barrera; la estructura porosa y la presencia de microfisuras hacen posible el ingreso de sustancias agresivas que alcanzan la capa pasiva del acero; un concreto compacto, de buena calidad, de adecuada dosificación y curado proporciona una buena protección del acero contra el medioambiente (Moreno, 2008).
- Durante la hidratación del concreto se libera hidróxido de calcio, también llamado portlandita, que otorga carácter básico al concreto, situando su pH entre 12 y 13, con estos valores de pH, el acero de las armaduras se encuentra pasivado, es decir, recubierto con una capa de óxidos, compacta y continua, que lo mantiene protegido de la corrosión (Salas, 2003).

La acción protectora de la capa pasivante es inmune al daño mecánico de la superficie del acero (Saura, 2011). En el estado pasivo la corrosión es insignificante, midiéndose velocidades de corrosión inferiores a $0,1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, pero si se produce una disminución del valor de pH, se iniciará la destrucción del estado pasivo, considerándose, por tanto, que valores de velocidad de corrosión mayores a $0,1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ significarán corrosión activa (Moreno, 2008).

Tutti (1982) citado por Saura (2011), explica que la vida de servicio de las estructuras de concreto armado, puede dividirse en dos fases distintas, la primera fase es la iniciación de la corrosión, en la que la armadura está pasivada pero algunos fenómenos pueden conducir a la pérdida de la pasividad, como la carbonatación o la penetración de cloruros; la segunda fase es la propagación de la corrosión, y comienza cuando el acero se despasiva y finaliza cuando se alcanza un estado límite en el que las consecuencias de la corrosión pueden llevar al final de la vida de servicio de la estructura.

Figura 2.3. Período de Iniciación y Propagación de Corrosión en una Estructura de Concreto Armado



Fuente: Saura (2011)

2.2.1.4.1. Fase de Iniciación de la Corrosión:

Tiempo en que tarda el agente agresivo (CO_2 y cloruros) en atravesar el recubrimiento, alcanzar el acero y provocar el rompimiento de la capa de óxido protector (Del Valle et al., 2001).

A. Corrosión por Carbonatación:

La carbonatación en el concreto está dada por la modificación del pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH (fuertemente alcalino) a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutral (Martínez, 2015). Esta reducción de pH tiene como consecuencia la pérdida de la capacidad pasivante del acero y favorece el que se desarrolle la corrosión (Moreno, 2008).

La portlandita es quien se carbonata más rápidamente, sin embargo, los otros compuestos hidratados, aluminatos y silicatos de calcio, son también sensibles al ataque por el dióxido de carbono y producen igualmente carbonato de calcio (Aguilar, 2013).

El tiempo de iniciación de la corrosión inducida por carbonatación es igual al tiempo que le toma al frente carbonatable alcanzar el acero; dicho período puede variar dependiendo de diversos factores propios de la estructura y del medio ambiente (Martínez, 2015).

La velocidad de carbonatación depende de la permeabilidad del concreto a la penetración del dióxido de carbono (que está muy influenciada por la relación agua/cemento), la humedad del concreto y el contenido total de álcalis de los productos de la hidratación (Bermúdez, 2007).

La velocidad de carbonatación del concreto tiende a disminuir con el tiempo debido a que los carbonatos precipitados en la zona superficial dificultan la difusión del CO₂ a mayor profundidad (Martínez, 2015). La mayor velocidad de carbonatación se produce para una humedad relativa de entre el 60 y el 75%, ya que si es menor no hay suficiente agua, y si es mayor el agua contenida en los poros reduce la velocidad de difusión del CO₂ en el concreto (Bermúdez, 2007).

Una de las propiedades más reportadas es la resistencia a la compresión, y esta depende de la permeabilidad y porosidad del concreto, por ello se encuentra interesante relacionarla con la profundidad de carbonatación; los estudios coinciden en mostrar que la carbonatación disminuye cuando la resistencia a compresión a 28 días aumenta (Aguilar, 2013).

En general, puede afirmarse que el acero de refuerzo del concreto carbonatado no se corroerá si las condiciones ambientales son tales que no atacan un acero sin protección; corroyéndose en cambio, de forma generalizada, bajo condiciones capaces de resultar agresivas para el acero desnudo (Seminario, 2003).

B. Corrosión por Iones Cloruro:

Los iones cloruro pueden presentarse en el concreto de tres maneras principalmente, presentes en los materiales que lo conforman como los agregados o el agua de mezclado, en zonas de congelamiento y deshielo o cuando la estructura está cercana a un ambiente marino (Aguilar, 2013).

El ion cloruro destruye la capa pasivante que protege inicialmente al acero cuando están impregnadas en el concreto; los cloruros, al alcanzar el acero, causan fácilmente corrosión por picado, estos se encuentran en el agua de mar y en el aire salino de los ambientes marinos, de esta manera penetran en el concreto por absorción capilar y difusión desde la superficie hacia el interior de las estructuras (Salas, 2003). Este proceso resulta de una concentración de ion cloruro y una reducción del pH que favorece la ruptura continua de la capa pasivante del acero (Molina, 2010).

El aumento de la concentración de iones cloruro, disminuye la resistividad del medio debido a la mayor conductividad de dichos iones, lo que se traduce en un aumento de la velocidad de corrosión (Moreno, 2008).

Además del ataque a la capa pasiva del acero, se dan algunas reacciones a medida que transcurre este, que colaboran con la formación de herrumbre (Seminario, 2003). La herrumbre, disminuye la sección original de la varilla, hace perder la adherencia inicial deseada entre el acero y el concreto, además ocupa un volumen aproximadamente cuatro veces mayor que el acero sin corroer; a medida que se va formando herrumbre, ésta ejerce una gran presión sobre el concreto que lo rodea, las fuerzas son de tal magnitud dentro del concreto que provocan grietas que lo fragilizan, perdiendo éste sus buenas propiedades mecánicas (Martínez, 2015).

La duración de la fase de iniciación depende del espesor de recubrimiento y de la velocidad de ingreso de los agentes agresivos así como de la concentración de iones cloruros necesaria para despasivar el acero (Saura, 2011).

Sin embargo, la severidad del ataque, no solo depende de la cantidad de estos iones que alcanzan la superficie metálica, sino también de la permeabilidad del concreto, lo que exige relaciones agua/cemento reducidas (Seminario, 2003).

2.2.1.4.2. Fase de Propagación de la Corrosión:

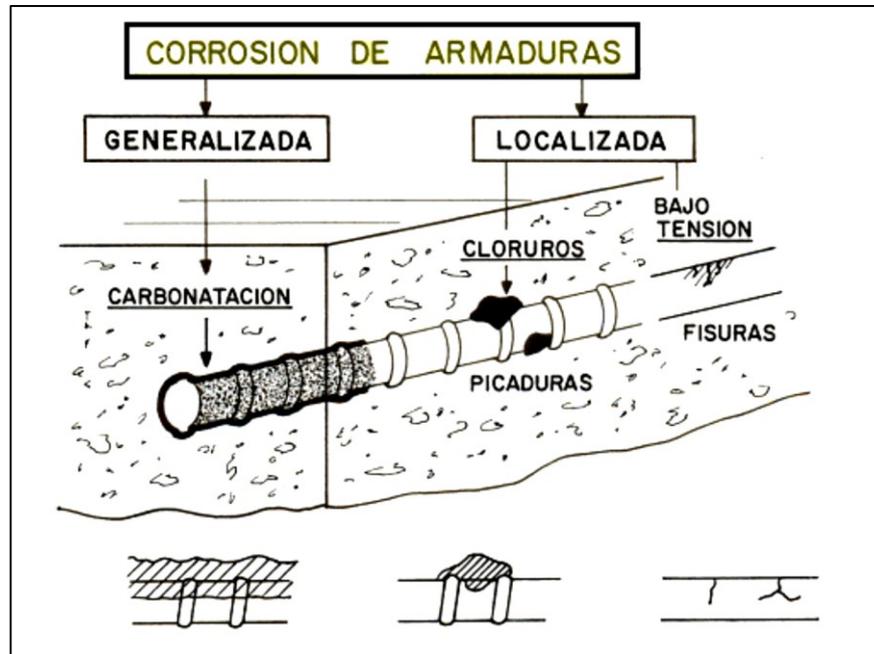
Tiempo donde propiamente el acero se corroe hasta llegar a un deterioro inaceptable de seguridad, funcionalidad o estética de la estructura; la corrosión progresiva del acero de refuerzo no solo es un daño en sí mismo del metal, si no que significa también en un deterioro irreversible del concreto donde la manifestación principal es el agrietamiento y desprendimiento del material (Martínez, 2015).

La destrucción de la capa protectora es un requisito necesario para la iniciación de la corrosión, una vez que se ha destruido la capa, la corrosión solo se producirá si están presentes el agua y el oxígeno en la superficie de la armadura (Saura, 2011).

La corrosión por carbonatación del concreto conduce a la pérdida generalizada de la capa pasiva de acero de refuerzo, este tipo de corrosión tiene lugar en toda la superficie del acero en contacto con el concreto carbonatado, llamada corrosión generalizada (Cerna y Galicia, 2010).

La corrosión por cloruros es localizada (corrosión por picaduras), con ataques penetrantes de área limitada (picaduras) rodeadas de áreas no corroídas; solo cuando existen niveles muy altos de cloruros (o disminuye el pH) puede destruirse la capa pasivante en superficies importantes de la armadura y la corrosión será de naturaleza generalizada (Saura, 2011).

Figura 2.4. Tipos de Corrosión del Acero de Refuerzo del Concreto



Fuente: Gómez (2014)

2.2.1.5. VELOCIDAD DE CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO

La velocidad de corrosión es la velocidad a la cual una estructura disminuye su sección de acero debido al proceso de corrosión, nos da a entender cuán rápido penetrará la corrosión en el material evaluado (Paredes, 2011).

Normalmente se expresa como la pérdida de metal por unidad de superficie y tiempo (espesor de la armadura de acero que se convierte en óxido por unidad de tiempo), las unidades básicas son g/cm², aunque la forma usual de definirla es en μm/año (Aguilar, 2013).

A. Influencia de Factores Físico - Ambientales:

Los factores principales son la permeabilidad del concreto al agua, oxígeno, dióxido de carbono e iones de cloruro; la permeabilidad, no es una simple función de la porosidad, sino también es función de la relación agua/cemento, de las condiciones de fraguado, dureza del concreto, tipo de agregados, mezclado, etc., es entonces muy importante el factor de permeabilidad del recubrimiento del concreto entre acero/medio corrosivo, regulada por el espesor mínimo para protegerlo de la corrosión (Seminario, 2003).

La protección que confiere el concreto que recubre las barras de acero de una estructura de concreto armado dependerá del grado de su impermeabilidad (Cerna y Galicia, 2010). Entonces también podemos decir que el espesor es función de la permeabilidad (Seminario, 2003).

La presencia de agua es imprescindible para la corrosión, ya que el agua es necesaria para la movilidad de los iones a través del electrolito; el contenido de agua de los poros es función, en situaciones o no de saturación, de la humedad relativa (HR) del ambiente (Cerna y Galicia, 2010).

El oxígeno es el factor determinante de la velocidad de corrosión, siempre hay una cierta cantidad de oxígeno suficiente que alcanza la superficie del acero para permitir el proceso de corrosión (Saura, 2011).

Si por cualquiera de los factores anteriores, el concreto posee una gran permeabilidad, es posible que la alta alcalinidad del medio concreto/acero disminuya, haciendo perder las propiedades pasivantes del sistema (Seminario, 2003).

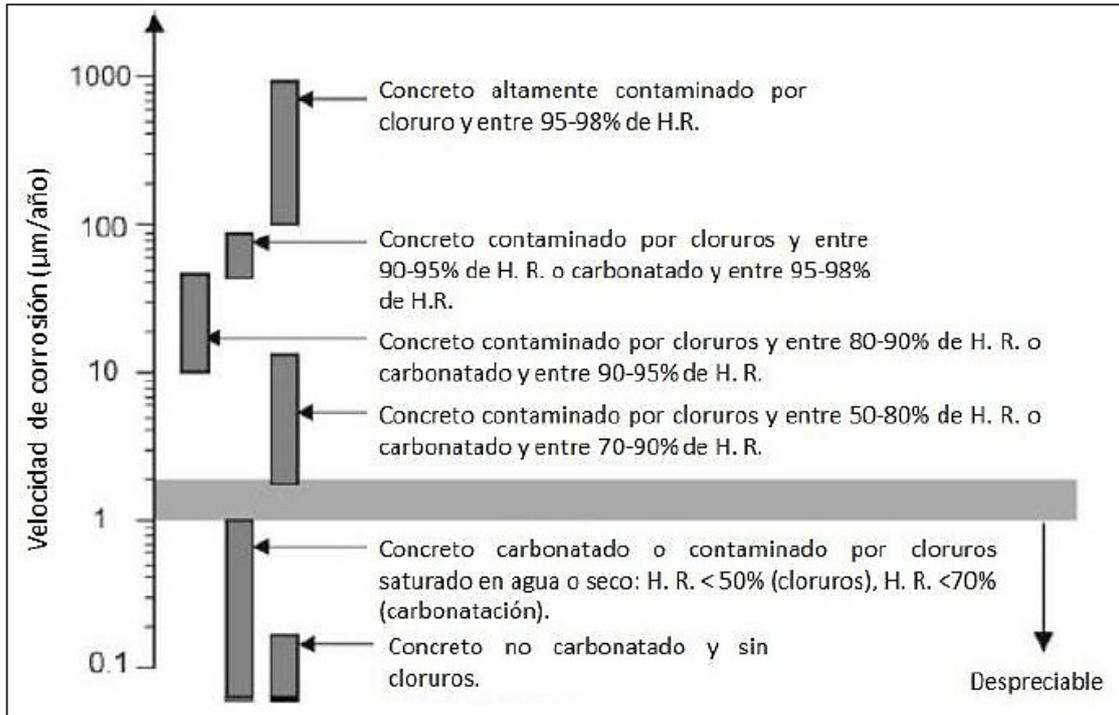
B. Influencia de Factores Químicos:

La composición química y tipo de cemento en el concreto tendrán influencia sobre el fenómeno de corrosión de la armadura de acero y en el concreto, particularmente en presencia de iones cloruros y sulfatos, estos iones tienen la misma naturaleza de ataque en el acero y en el concreto, siendo de mayor intensidad el ataque de los cloruros en la armadura y de los sulfatos en el concreto (Seminario, 2003).

El ion sulfato puede estar presente en las aguas residuales industriales, en las aguas del subsuelo, pocas veces aparece el ion sulfato libre, siendo mucho más frecuentes sus sales (Cerna y Galicia, 2010).

Adicionalmente se sabe que en presencia de bacterias, ocurre un nuevo ataque para la capa pasivante del acero, ya que las bacterias comen sulfatos; así que comprobada la existencia de bacterias y sulfatos en el concreto, por un proceso metabólico en las bacterias los sulfatos se vuelven sulfuros y a su vez estos con el agua, forma el ácido sulfhídrico; siendo esta solución ácida un fuerte destructor de la capa pasiva del acero de refuerzo (Seminario, 2003).

Figura 2.5. Valores típicos de la velocidad de corrosión dependiendo del daño y de la humedad relativa.



Fuente: Aguilar (2013)

2.2.1.6. MÉTODO GRAVIMÉTRICO PARA MEDIR LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN: PÉRDIDA DE MASA

La técnica tradicionalmente usada para medir velocidades de corrosión de metales y aleaciones, es la determinación de la pérdida de peso sufrida por el material, en un período determinado de tiempo, es complemento de las técnicas electroquímicas para proporcionar un valor confiable de la velocidad de corrosión instantánea del concreto reforzado en el momento de la medida (Aguilar, 2013).

Según la norma ISO/TC 156 WG 4 (2014), la velocidad de corrosión se puede obtener así:

$$r_{corr} = \frac{\Delta m}{A \cdot \rho \cdot t}$$

Donde:

- r_{corr} = Velocidad de Corrosión, $\mu m/año$
- Δm = Pérdida de masa, g
- A = Superficie, m^2

- ρ = Densidad del metal, g/cm^3
- t = Tiempo de exposición, t

Asimismo, Moreno (2008) asumiendo que la pérdida de peso del acero corroído tiene lugar solamente en la longitud de la armadura que está en contacto con el concreto, la cantidad de corrosión de las barras, se puede determinar como:

$$Q_{corr} = \frac{W_o - W_s}{W_o} \times 100$$

Donde:

- Q_{corr} es la cantidad de corrosión de la armadura (%)
- W_o es el peso de la armadura antes del proceso de corrosión
- W_s es el peso de la misma armadura después del proceso de corrosión y después de haber sido sometida a un decapado químico

2.2.2. ADITIVO INHIBIDOR DE CORROSIÓN SIKA® CNI

2.2.2.1. INHIBIDORES DE CORROSIÓN

Se considera un inhibidor de corrosión a toda sustancia que añadida a la mezcla de concreto en pequeñas concentraciones disminuye la velocidad de corrosión del material (Saura, 2011). El inhibidor no debe ser perjudicial a las propiedades mecánicas del concreto, y debe ser evaluado por su efectividad en el control de la corrosión de acuerdo al particular diseño de la mezcla (Seminario, 2003).

Los inhibidores de corrosión mantienen pasivo al acero de las armaduras en presencia de los factores agresivos, de esta manera previenen el efecto de la carbonatación o de los iones cloruro en las estructuras de concreto armado (Moreno, 2008).

Se ha determinado que el mecanismo de protección de los inhibidores contra la corrosión es del tipo anódico, es decir sofocan la corrosión sobre el ánodo al reaccionar con los productos de corrosión existentes y forman una película adherente a la superficie del metal, esta película actúa como barrera para prevenir que la solución corrosiva entre en contacto con la superficie del metal (Seminario 2003).

Numerosas sustancias, tanto orgánicas como inorgánicas, han sido ensayadas como inhibidores de corrosión en el concreto, sin embargo el que tiene mayor aceptación por su eficacia y compatibilidad con el concreto es el nitrito de calcio (Saura, 2011).

La cantidad de nitritos a añadir en la mezcla en el momento del amasado debe ser tal que se asegure alcanzar la cantidad necesaria alrededor del acero, ya que solamente los iones

nitrito disueltos en la solución de los poros del concreto, están libres para migrar hasta el acero e inhibir la corrosión (Moreno, 2008).

Habrá que tener mucho cuidado con el inhibidor anódico, debido a que éstos son efectivos sólo cuando está presente en concentraciones extremadamente altas, de otra manera, si son añadidos en cantidad insuficiente son peligrosos pues el ataque de la corrosión se hace intensamente localizado (Seminario, 2003). Además, es necesario recordar que los inhibidores permanecen inactivos en el concreto hasta que el inhibidor y los cloruros están presentes al mismo tiempo en la superficie de la armadura de acero (Moreno, 2008).

El uso de inhibidores de corrosión nos da ventajas como: bajo coste, no necesitan una mano de obra especializada para su aplicación, compatibles con el concreto, ligera acción de incremento de las resistencias mecánicas (Saura, 2001). Sin embargo, los inhibidores más habituales también actúan como aceleradores del fraguado, lo cual no siempre supone una ventaja debido a la pérdida de trabajabilidad y al endurecimiento prematuro (Moreno, 2008).

En general los inhibidores son empleados como método de prevención debido a las enormes ventajas que presenta sobre el proceso de corrosión en estructuras de concreto armado y a su eficiencia (Martínez, 2004). No obstante, la acción de los inhibidores no es definitiva, simplemente retrasan el proceso de corrosión, las adiciones de nitritos pueden retrasar considerablemente el momento de la iniciación de la corrosión en estado activo por efecto de la carbonatación o de la penetración por cloruros en grados incipientes de precorrosión (≤ 20 g/cm²); sin embargo, no pueden garantizar la repasivación del acero con grados medios o elevados de corrosión (Moreno, 2008).

2.2.2.2. INHIBIDOR DE CORROSIÓN SIKA® CNI

Sika® CNI es un aditivo inhibidor de corrosión del acero de refuerzo del concreto, en base a nitrito de Calcio, contiene mínimo un 30% de nitrito de calcio en peso y está formulado para cumplir la Norma ASTM C- 494 Tipo C aditivos acelerantes (Sika, 2015).

Sika (2015) detalla algunas generalidades del inhibidor de corrosión Sika® CNI:

- Se recomienda para proteger el acero de refuerzo en concretos convencionales, así como para concretos pre-tensados o post-tensados que serán expuestos a cloruros de los entornos marinos o sales de deshielo.
- Extenderá la vida útil de las estructuras de manera efectiva por la inhibición de la corrosión, en áreas tales como, cubiertas, losas de puentes, estructuras marinas y muchas otras estructuras expuestas a ambientes muy agresivos.
- Puede ser utilizado en elementos de concreto donde se añaden cloruros inicialmente a la mezcla de concreto como arenas de playa o aditivos.

- Proporciona protección contra la corrosión en estructuras de concreto armado.
- Ayudará a oxidar el acero para formar óxido de hierro, que resiste el ataque del cloruro, esto reduce las zonas de iones ferrosos que son susceptibles al ataque de cloruros; el óxido ferroso crea un complejo de óxido de hierro (herrumbre), en caso de ataque por cloruros.
- Fortalece la capa del óxido férrico pasivante antes de la penetración de cloruros, los iones nitrito del Sika® CNI convertirá el óxido ferroso a óxido de hierro más resistentes, protegiendo así el acero refuerzo de la corrosión.

Además, Sika (2015) recomienda que la dosis del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI es de 7 Kg por m³ de concreto, se debe ajustar el contenido de agua en relación a la cantidad de aditivo a dosificar, también puede acelerar el tiempo de fraguado del concreto; el efecto de la aceleración de Sika® CNI puede ser aprovechado para el vaciado de concreto en zonas de clima frío.

2.2.3. INFLUENCIA DEL ADITIVO INHIBIDOR DE CORROSIÓN SIKA® CNI EN LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO

La deterioración por corrosión de estructuras de concreto armado es un problema cada vez más recurrente, a partir del cual se acarrean costos de reparación muy elevados o incluso hasta reemplazo total de la estructura (Díaz et al., 2016).

Las zonas de ambiente marino en la zona costera de Trujillo, como Buenos Aires, Salaverry y Huanchaco, presentan una considerable velocidad de depósito de cloruros (Oyola, 2007). La influencia del medio ambiente en el deterioro del concreto por corrosión es fundamental, es por ello que el concreto debe ser diseñado con los requerimientos específicos de servicio para cada estructura de acuerdo al sitio en que sea construida (Del Valle et al., 2001).

Cerna y Galicia (2010), recomiendan no solo relaciones agua/cemento mayores a 0.50, sino también, el uso de inhibidores de corrosión en el concreto para proteger la armadura de acero contra el ataque corrosivo, éste método podría ser la mejor solución en aquellos casos donde el concreto esté presente en construcciones en zonas de ambientes marinos.

Debido a estas condiciones, el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI ayuda a fortalecer la capa pasivante de la armadura, provocando una disminución de la velocidad de corrosión en el acero de refuerzo del concreto armado (SIKA, 2015).

De ser así, el proceso de corrosión se retardaría y por lo tanto el concreto sería más durable, alcanzando su periodo de vida útil a pesar de las condiciones de agresividad ambiental a la que pueda estar sometida, sin necesidad de necesitar mantenimientos prematuros ni costosas reparaciones estructurales (Saura, 2011).

2.3. HIPÓTESIS

El aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI disminuye la velocidad de corrosión de acero embebido en concreto elaborado con cemento portland tipo I, con relaciones agua/cemento de 0.55, 0.60 y 0.65 en las zonas de Salaverry, Huanchaco y Buenos Aires en el año 2018.

Tabla 2.1. Componentes Metodológicos y Referenciales de la Hipótesis.

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
El aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI disminuye la velocidad de corrosión de acero embebido en concreto elaborado con cemento portland tipo I, con relaciones agua/cemento de 0.55, 0.60 y 0.65 en las zonas de Salaverry, Huanchaco y Buenos Aires en el año 2018.	Aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI Velocidad de corrosión	Acero embebido en concreto	Disminuye	Zonas de Salaverry, Huanchaco y Buenos Aires	Año 2018

Fuente: Los autores (2018).

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3.1. Matriz de Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VELOCIDAD DE CORROSIÓN	Velocidad a la cual una estructura disminuye su sección de acero debido al proceso de corrosión, provocado por una reacción química o electroquímica entre la armadura y su medio ambiente, y que produce un deterioro del material y de sus propiedades.	Pérdida de metal por unidad de superficie y tiempo (espesor de la armadura de acero que se convierte en óxido por unidad de tiempo), aunque la forma usual de definirla a partir $\mu\text{m/año}$.	Relación agua/cemento	A/C = 0.55
				A/C = 0.60
				A/C = 0.65
			Ambiente de Exposición	Buenos Aires
				Huanchaco
				Salaverry

Fuente: Los autores (2018).

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo **Experimental**, con un diseño **Cuasi Experimental** debido a que el experimentador no puede asignar al azar los sujetos a los grupos experimentales y de control, es decir no existe aleatoriedad. Sin embargo, puede controlar cuestiones como cuándo aplicar la variable independiente o tratamiento y cuál de los grupos recibirá el tratamiento.

Diseño Experimental con solo Postprueba

G _E :	X	O ₁
G _C :	-	O ₂

Donde:

- **G_E**: Grupo Experimental (Especímenes de concreto armado de 9cm x 9cm x 18cm)
- **G_C**: Grupo Control (Especímenes de concreto armado de 9cm x 9cm x 18cm)
- **X**: Variable independiente o tratamiento experimental (Aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI)
- **-**: Ausencia de variable independiente o tratamiento experimental
- **O₁ y O₂**: Postprueba o medición posterior al tratamiento experimental

3.3. UNIDAD DE ESTUDIO

Especímenes de concreto armado con y sin adición de aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI.

3.4. POBLACIÓN

El proyecto de investigación tiene como población a todos los especímenes de concreto armado de 9cm x 9cm x 18cm.

3.5. MUESTRA

La muestra del proyecto es probabilística y se obtuvo mediante la fórmula siguiente:

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

Donde:

- n_0 = Tamaño de la muestra
- Z = Valor en base al nivel de confianza
- S = Desviación estándar de la variable de estudio
- E = Porcentaje de precisión o error

Una muestra probabilística es aquella donde los datos para el cálculo, provienen de antecedentes similares a la investigación. En los ensayos de evaluación de la velocidad de corrosión por el método gravimétrico de pérdida de masa, de acuerdo a los resultados de Molina (2010) se consideró una desviación estándar de 0.0115%. Se estimó un error de 5% aplicado al promedio de los resultados, obteniendo 0.0123%.

La muestra queda expresada de la siguiente manera:

$$n_0 = \frac{1.75^2 0.0115^2}{0.0123^2} = 2.68 \approx 3$$

Se elaborarán 3 especímenes de concreto como mínimo, por lo tanto la muestra total será:

- 54 especímenes de concreto armado de 9cm x 9cm x 18cm
- 72 especímenes cilíndricos de concreto de 6" x 12"

Tabla 3.2. Probetas de Concreto Armado a Elaborar para evaluar Velocidad de Corrosión.

R. A/C	BUENOS AIRES		HUANCHACO		SALAVERRY		TOTAL
	S/ CNI	C/ CNI	S/ CNI	C/ CNI	S/ CNI	C/ CNI	
0.55	3	3	3	3	3	3	18
0.60	3	3	3	3	3	3	18
0.65	3	3	3	3	3	3	18
TOTAL							54

Fuente: Los autores (2018).

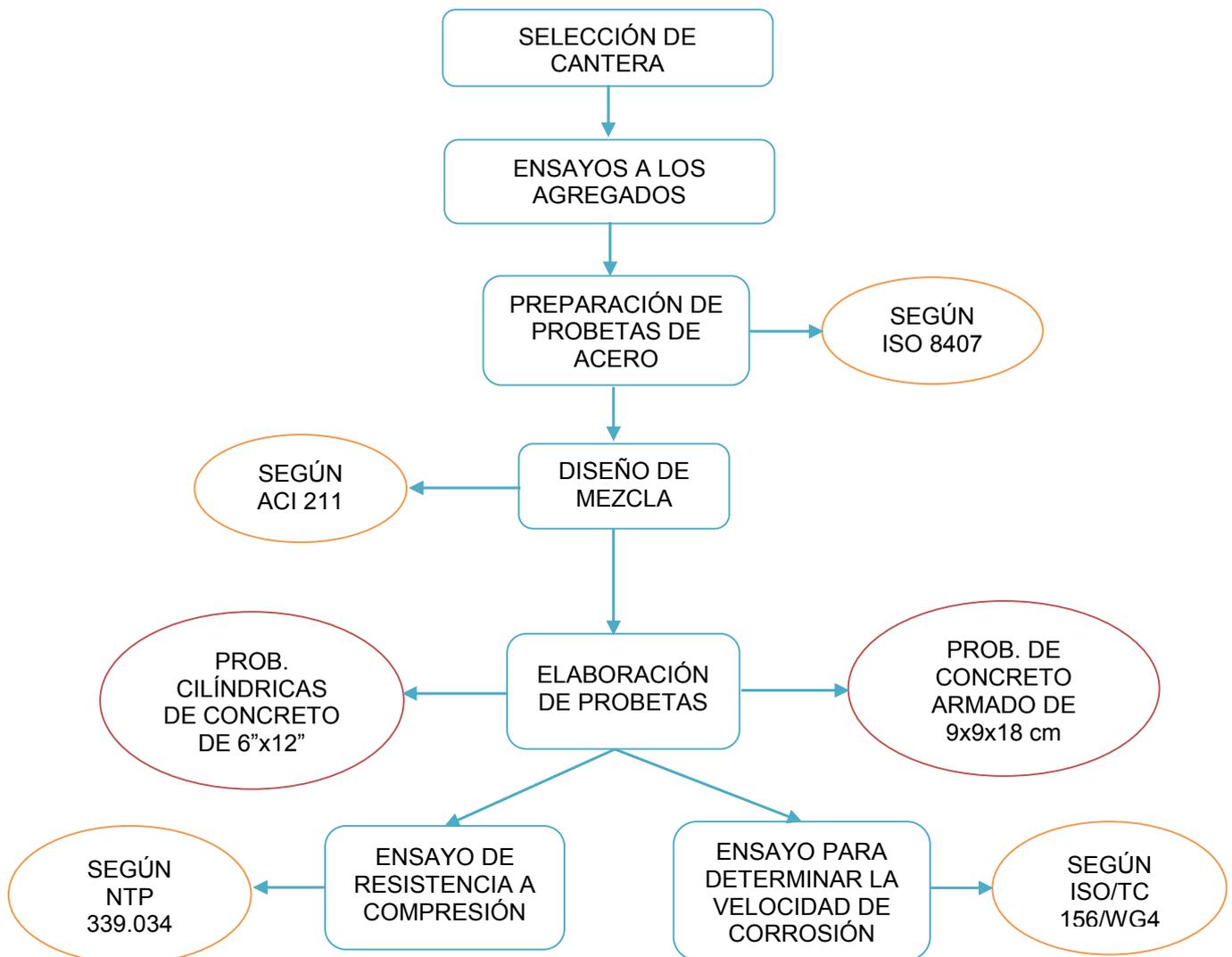
3.6. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica principal es la Observación, ya que con esta técnica se realizará la recolección de datos e información utilizando todos nuestros sentidos al observar los cambios en los especímenes analizados.

De esta manera, el instrumento correspondiente a la técnica de la Observación, es la guía de observación, con los datos de la variable independiente correspondiente a los indicadores establecidos en la **Tabla 3.1**.

Finalmente, se muestra un Diagrama de Flujo, con el detalle de procedimientos realizados con el objetivo de obtener los datos necesarios para validar nuestros resultados.

Figura 3.1. Diagrama de Flujo para Recolección de Datos.



Fuente: Los autores (2018).

3.6.1. SELECCIÓN DE CANTERA

La cantera de donde se extrajeron las muestras de agregados para realizar los ensayos y para la elaboración de las probetas de concreto, tiene como razón social Transportes y Agregados Barreto S.A.C. Esta cantera se encuentra ubicada a 3.5 km del eje de la Panamericana Norte.

Para elegir a la cantera Barreto, evaluamos su disposición de transporte, extracción y la producción de agregado solicitado.

La cantera se dedica a comercializar agregados tales como Hormigón TMN 1", Piedra ¾", Piedra ½", Arena Gruesa, Arena Fina, Gravilla y Confitillo, en un área de 12 hectáreas aproximadamente, teniendo una producción diaria de 90 m³ Hormigón TMN 1" ,60 m³ Piedra, y 50 m³ Piedra ¾".

3.6.2. ENSAYOS A LOS AGREGADOS

3.6.2.1. HUMEDAD

Según la NTP 339.185 (2013), el ensayo establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado.

A. Equipos e Instrumentos:

- Balanza, horno y recipiente para la muestra.

B. Procedimiento:

- Determinar la masa de un recipiente limpio y seco registrado.
- Colocar la muestra de agregado en el recipiente, e inmediatamente determinar y registrar su masa con una precisión de 0.1%.
- Colocar la muestra de agregado y el recipiente en un horno microondas y encenderlo.
- Después que el tiempo prefijado haya pasado (24 horas), remover el recipiente y determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0.1%.

3.6.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Según la NTP 400.012 (2013), el ensayo establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

A. Equipos e Instrumentos:

- Balanzas, tamices, según la NTP 350.001 y horno.

B. Procedimiento:

- Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Encajar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior.
- Agitar los tamices manualmente por un período suficiente que garantice una adecuada distribución del agregado.
- Limitar la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación de tamizado.
- Continuar el tamizado por un período suficiente, de tal manera que al final no quede más del 1 % de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual.
- Determinar la masa de cada incremento de medida sobre una balanza aproximando al 0,1 % más cercano de la masa total original de la muestra seca. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0,3 %, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.

3.6.2.3. PESO UNITARIO

Según la NTP 400.017 (2011), este ensayo establece la determinación de la densidad del peso unitario del agregado en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación.

A. Equipos e Instrumentos:

- Balanza, varilla de apisonado, recipiente hermético, pala o cucharón.

B. Procedimiento para Peso Compactado:

- Llenar el recipiente a un tercio del total y nivelar la superficie con los dedos. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie.

- Luego llenar el recipiente a los 2 tercios del total y nuevamente nivelar y apisonar.
- Finalmente, llenar el recipiente a sobre-volumen y apisonar; nivelar la superficie del agregado de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibre los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.
- En el apisonado de la primera capa, procurar no golpear el fondo del recipiente con fuerza con la varilla. Para la 2da. y 3ra. capa, usar un gran esfuerzo, pero no mayor del que pueda causar la penetración de la varilla a la capa previa del agregado.
- Determinar la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0.05 kg.

C. Procedimiento para Peso Suelto:

- Llenar el recipiente hasta el reboce con la pala o cucharón, descargando el agregado de una altura que no exceda 50 mm encima del borde superior del mismo.
- Nivelar la superficie del agregado de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibren los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.
- Determinar la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0.05 kg.

3.6.2.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

Según la NTP 400.021 (2013), el ensayo establece un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado grueso (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso.

A. Equipos e Instrumentos:

- Balanza, estufa, recipiente para la muestra y tamices.

B. Procedimiento:

- Sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente, durante un período de 24 horas aproximadamente.
- Retirar la muestra del agua y secar superficialmente con un paño absorbente grande, hasta que se eliminan todas las partículas visibles de agua. Tener cuidado para evitar la evaporación del agua de los poros de agregados durante la operación de secado. Determinar la masa de la muestra de ensayo, en la condición de superficie saturada seca.

- Después de la determinación de la masa en aire, colocar inmediatamente la muestra saturada superficialmente seca en el recipiente de la muestra y determinar su masa aparente en agua a temperatura ambiente. Tener cuidado de eliminar todo el aire antes de determinar la masa, agitando el recipiente mientras está sumergido.
- Secar la muestra de ensayo en la estufa hasta una masa constante, a temperatura de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, enfriar en aire a temperatura ambiente hasta que el agregado se haya enfriado y determinar la masa.

3.6.2.5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO

Según la NTP 400.022 (2013), el ensayo establece un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

A. Equipos e Instrumentos:

- Balanza, estufa, frasco (para su uso en determinación volumétrica), molde cónico y barra compactadora.

B. Preparación de la Muestra:

- Colocar una muestra de aproximadamente 1000 g. de agregado fino en un recipiente, cubrir con agua y se deja reposar durante 24 horas aproximadamente.
- Decantar el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de finos, e iniciar un proceso de secado de la muestra con una corriente suave de aire caliente o una pequeña estufa hasta lograr la condición saturada superficialmente seca.
- Situar el molde cónico sobre una superficie no absorbente con el diámetro mayor hacia abajo, colocar una porción del agregado fino suelto parcialmente seco en el molde llenándolo hasta el tope y amontonar material adicional por encima de la parte superior del molde sujetándolo con la mano que sostiene el molde.
- Ligeramente apisonar el agregado fino en el molde con 25 golpes con la barra compactadora.
- Retirar la arena suelta de la base y levantar el molde verticalmente, si la humedad de la superficie está todavía presente, el agregado fino conservará la forma moldeada. La ligera caída del agregado fino moldeado indica que se ha llegado a un estado de superficie seca.
- Si el primer ensayo de humedad superficial indica que la humedad no está presente en la superficie, la muestra se ha secado más allá de la condición de saturada

superficialmente seca. En este caso, mezclar unos pocos mililitros de agua con el agregado fino y permitir que repose en un recipiente cubierto durante 30 minutos.

- A continuación, reanudar el proceso de secado y prueba a intervalos frecuentes para el inicio de la condición de superficie seca.

C. Procedimiento:

- Inicialmente llenar el matraz con agua a un punto entre 0 y 1 ml., anotar esta lectura inicial con el frasco.
- Agregar 55 g. aproximadamente de agregado fino en condición saturada seca superficialmente. Después de haber introducido todos el agregado fino, colocar el tapón en el frasco y rodar el frasco en posición inclinada para desplazar todo el aire atrapado, continuando hasta que no haya más burbujas que suban a la superficie.
- Para la determinación de la absorción, usar una porción separada del agregado fino saturado seco superficialmente de 500 g., secar hasta masa constante y determinar la masa seca.

3.6.3. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

De acuerdo a la norma ACI 211.1 (2002), mediante este método se determinará las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto, siguiendo la secuencia que a continuación se indica:

- 1°. Selección del asentamiento.
- 2°. Selección del tamaño máximo nominal del agregado.
- 3°. Determinación de la cantidad de agua de mezcla y contenido de aire
- 4°. Selección de la relación agua / cemento.
- 5°. Determinación de la cantidad de cemento por m³.
- 6°. Estimación del contenido del agregado grueso.
- 7°. Estimación del contenido del agregado fino.
- 8°. Ajustes por humedad de los agregados.
- 9°. Determinación de la proporción en peso.

Cabe resaltar, que se incluirá en cada Diseño de Mezcla de Concreto el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI, cuya dosificación es de 7 kg/m³ con una densidad de 1.25 kg/L, realizando un ajuste para mantener la relación agua/cemento.

3.6.4. ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

3.6.4.1. ASENTAMIENTO (SLUMP)

La NTP 339.035 (2015), establece el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto de cemento Portland, tanto en el laboratorio como en el campo.

A. Equipos e Instrumentos:

- Molde cónico, barra compactadora, dispositivo de medida, y cucharón.

B. Muestra:

La muestra deberá ser empleada dentro de los 15 minutos siguientes a ser tomada, debiendo durante este periodo estar protegida de cualquier agente que puede causar la evaporación del agua de la misma. Además, deberán representar al concreto promedio que está siendo colocado, debiendo ser tomadas al principio o final de cada tanda.

Las muestras deberán ser tomadas al azar, no debiendo entrar en su selección criterios de apariencia, conveniencia u otros que puedan desvirtuar la representación estadística de la uniformidad o calidad del concreto.

Asimismo, las muestras se tomarán del tercio central de la tanda al momento de ser descargadas de la mezcladora.

C. Procedimiento:

- Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda. El molde se fija firmemente en su lugar durante el llenado pisando o asegurando las abrazaderas a la placa de base, se llena el molde con el cucharón vaciando el concreto en tres capas, de modo que cada capa corresponda a aproximadamente a la tercera parte del volumen del molde.
- Cada capa se compacta aplicando 25 golpes con la barra compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección de la capa. La capa inferior se compacta en todo su espesor. La segunda capa y la capa superior se compactan a través de todo su espesor, penetrando ligeramente en la capa inmediata inferior.
- El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Luego se procede a enrasar rodando la barra compactadora sobre el borde superior del molde. Se continúa asegurando el molde firmemente contra la base y se elimina el concreto sobrante alrededor del molde. Se retira inmediatamente el molde del concreto levantándolo cuidadosamente en dirección vertical.
- Se mide inmediatamente el asentamiento, determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado.

3.6.4.2. PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE

Según la NTP 339.046 (2008), el ensayo permite determinar el peso unitario del concreto fresco y da las fórmulas para calcular el contenido de aire del concreto.

A. Equipos e Instrumentos:

- Balanza, barra compactadora, recipiente de medida, mazo y cucharón.

B. Muestra:

Las muestras de concreto serán de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.6.2.1.

C. Procedimiento:

- Colocar el concreto en el recipiente de medición usando el cucharón, el cual se moverá alrededor del perímetro interno del recipiente de medición para asegurar una distribución homogénea del concreto con segregación mínima.
- Colocar el concreto en el recipiente de medición en tres capas de aproximadamente igual volumen, apisonar cada capa con 25 golpes de la barra compactadora. La capa inferior se compacta en todo su espesor.
- La segunda capa y la capa superior se compactan a través de todo su espesor, procurando que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.
- El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Luego se procede a enrasar y alisar la superficie del concreto, rodando la barra compactadora sobre el borde superior del molde.
- Después del alisado de la superficie superior del recipiente se limpia todo el concreto en exceso y adherido a las paredes exteriores del recipiente de medición y luego se determina la masa del concreto.

3.6.4.3. TEMPERATURA EN EL CONCRETO

Según la NTP 339.184 (2013), el ensayo permite determinar la temperatura de mezclas de concreto en estado fresco.

A. Equipos e Instrumentos:

- Recipiente y dispositivo para medición de temperatura.

B. Muestra:

La muestra deberá ser representativa y de por lo menos 75 mm (3 pulg) de concreto en todas las direcciones.

C. Procedimiento:

- Colocar el dispositivo de medición de temperatura en la mezcla de concreto fresco, de tal modo que el sensor esté sumergido un mínimo de 75 mm (3 pulg).
- Presionar levemente el concreto en la superficie alrededor del dispositivo de medición de temperatura para que la temperatura ambiente no afecte la lectura.
- Dejar introducido el dispositivo medidor de temperatura en el concreto fresco por un mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice, y a continuación leer y registrar la temperatura.

3.6.5. ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

3.6.5.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN

La NTP 339.034 (2015), establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas.

A. Equipos e Instrumentos:

- Máquina de ensayo verificada y calibrada.

B. Procedimiento:

- Colocar el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal.
- Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y las de la probeta de ensayo y colocar el cilindro sobre el bloque inferior de rotura. Cuidadosamente alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado.
- Antes de ensayar la probeta, verificar que el indicador de carga este en cero y ajustar el indicador.
- Aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente y el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido.
- Registrar la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo.

3.6.6. ENSAYOS AL ACERO DE REFUERZO

3.6.6.1. ELIMINACIÓN DE PRODUCTOS DE CORROSIÓN EN ESPECÍMENES DE ACERO

Según la norma ISO 8407 (2014), establece los procedimientos para la eliminación de los productos de corrosión formados sobre probetas de metal durante su exposición en ambientes corrosivos.

A. Equipos e Instrumentos:

- Micro balanza, con una precisión al diezmilésimo, probetas y vasos de precipitación, resistente al reactivo de limpieza HCl (Ácido Clorhídrico), cepillos para limpieza y toallas para secado.

B. Muestra:

La muestra estará conformada por 54 varillas de acero corrugado de 3/8" de diámetro con 10 cm de longitud.

C. Procedimiento para la Eliminación de Productos de Corrosión:

Para remover los productos de la corrosión, la norma ISO 8407 propone un método químico según el metal a tratar, con el objetivo de remover únicamente los productos de la corrosión y no la base del metal.

- Desengrasar la muestra con agua y detergente para remover las impurezas (este procedimiento no elimina la corrosión).
- Enjuagar la muestra con agua destilada.
- Sumergir la muestra en una solución específica al 50% de ácido clorhídrico (HCl) y de agua destilada, la pieza tiene que ser sumergida por lo menos 20 minutos.
- Enjuagar nuevamente con agua destilada para neutralizar el pH de la muestra y proceder con el secado.
- Finalmente, luego de que la muestra ha perdido toda la humedad, se realiza la medición de peso y de longitud de cada pieza de acero.

3.6.6.2. VELOCIDAD DE CORROSIÓN EN ESPECÍMENES DE ACERO

Según la norma ISO/TC 156 /WG 4 (2014), establece los métodos para poder determinar la velocidad de corrosión en probetas de metal luego de ser expuestos en ambientes corrosivos.

A. Procedimiento para el Cálculo de la Velocidad de Corrosión:

La velocidad de corrosión expresada como reducción de masa para cada metal es expresada por la siguiente ecuación:

$$r_{corr} = \frac{\Delta m}{A \cdot \rho \cdot t}$$

Donde:

- r_{corr} = Velocidad de Corrosión, $\mu m/año$
- Δm = Pérdida de masa, g
- A = Superficie, m^2
- ρ = Densidad del metal, g/cm^3
- t = Tiempo de exposición, t

3.7. MÉTODOS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Se optó por utilizar gráficos estadísticos como método de análisis de la información recolectada pues de esta manera podemos comparar mediante los gráficos el comportamiento de las variables y permite realizar un análisis más detallado.

Los resultados obtenidos en la investigación se analizarán para corroborar la hipótesis planteada mediante un análisis estadístico que incluye la prueba de normalidad de datos y la prueba de hipótesis.

El método para realizar la Prueba de Normalidad es la prueba de **SHAPIRO – WILK**, usado para muestras menores a 50, y como instrumento se utilizó el programa SPSS. Esta prueba se aplicó a los datos de la variable independiente (velocidad de corrosión), donde se pudo comprobar que los datos presentan una distribución normal, ya que su significancia es mayor que el $\alpha = 0.05$ (porcentaje de error en ingeniería) en todas sus dimensiones.

Del mismo modo, una vez comprobada la normalidad de los datos, se procede a realizar la Prueba de Hipótesis, mediante la Prueba **T-STUDENT**, usado cuando se comparan hasta 2 grupos. Esta prueba se aplicó a los datos de la variable independiente (velocidad de corrosión), donde se pudo comprobar que existe diferencia significativa entre las probetas patrón y las probetas con aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI, debido a que su nivel de significancia es menor a $\alpha = 0.05$.

Finalmente, se valida la hipótesis comparando las medias de los resultados obtenidos, y se corrobora la hipótesis planteada.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. ENSAYOS A LOS AGREGADOS

4.1.1. HUMEDAD

De acuerdo a la NTP 339.185 (2013), se siguió el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado.

Para determinar el Contenido de Humedad del Agregado Fino, se utilizó una muestra de 500 g, obteniendo 0.60% de Humedad.

Tabla 4.1. Contenido de Humedad del Agregado Fino.

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Peso del recipiente [g]	85	280	62.5
Peso del recipiente + Muestra Húmeda [g]	585	780	562.5
Peso del recipiente + Muestra Seca [g]	582.5	777.5	558.5
Peso de Muestra Húmeda [g]	500	500	500
Peso de Muestra Seca [g]	497.5	497.5	496
HUMEDAD [%]	0.50	0.50	0.81
HUMEDAD FINAL [%]		0.60	

Fuente: Los autores (2018).

Para determinar el Contenido de Humedad del Agregado Grueso, se utilizó una muestra de 1500 g, obteniendo 0.40% de Humedad.

Tabla 4.2. Contenido de Humedad del Agregado Grueso.

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Peso del Recipiente [g]	118.5	147	158
Peso del Recipiente + Muestra Húmeda [g]	1618.5	1647	1658
Peso del Recipiente + Muestra Seca [g]	1609	1644.5	1651
Peso de Muestra Húmeda [g]	1500	1500	1500
Peso de Muestra Seca [g]	1490.5	1497.5	1493
HUMEDAD [%]	0.64	0.17	0.47
HUMEDAD FINAL [%]		0.40	

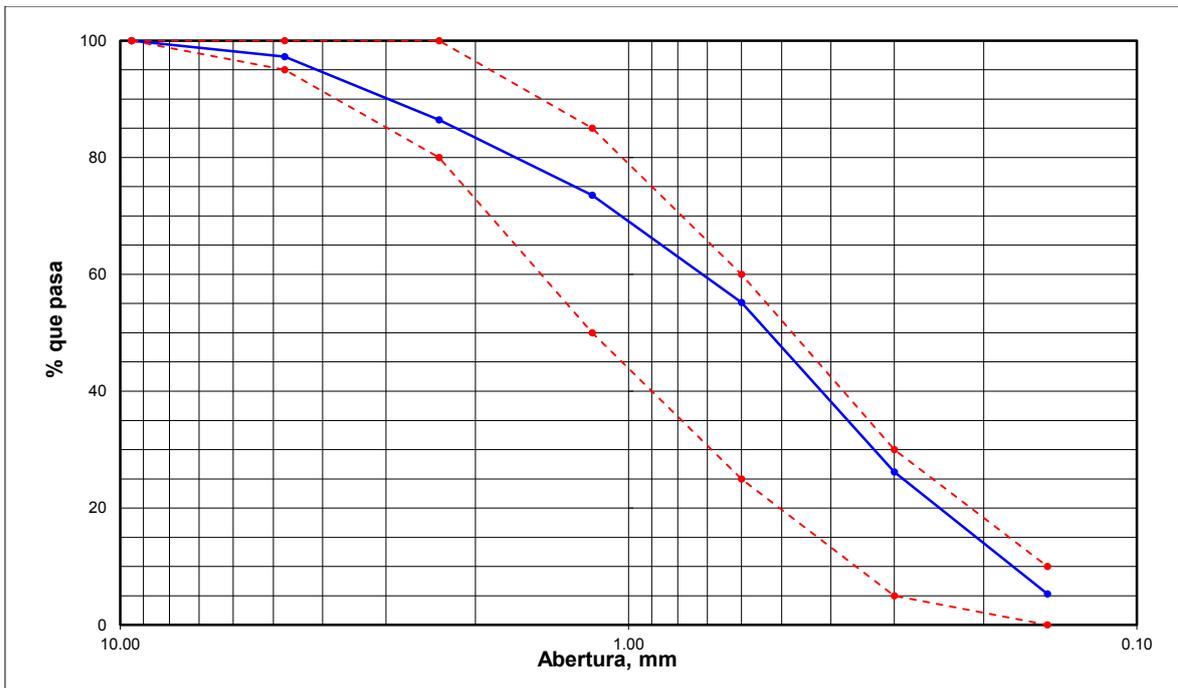
Fuente: Los autores (2018).

4.1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

A) AGREGADO FINO

De acuerdo a los parámetros de la NTP 400.012 (2013), luego de ensayar una muestra de 10 Kg de Agregado Fino en base a la NTP 400.010 (2001) y comparando la granulometría con los límites establecidos en la NTP 400.037 (2002) para el Agregado Fino, se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 4.1. Curva Granulométrica del Agregado Fino.



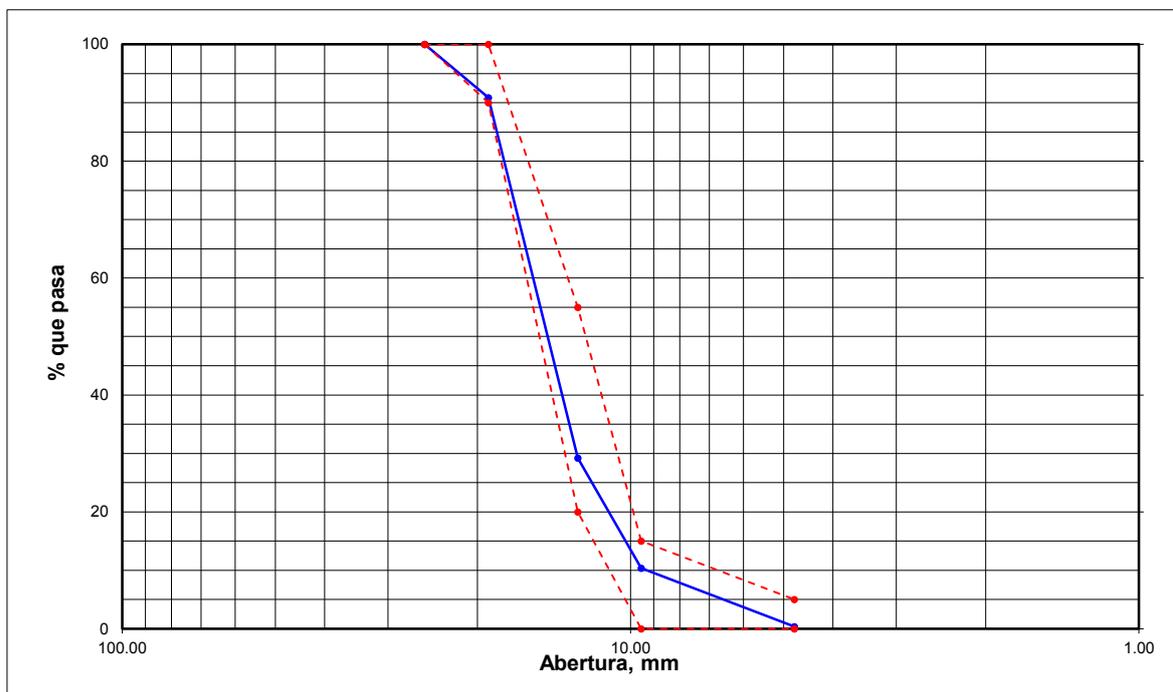
Fuente: Los autores (2018).

Como podemos observar en la **Figura 4.1.**, el Agregado Fino se encuentra dentro de los límites máximos y mínimos establecidos en la NTP 400.037 (2002). Además, presenta un Módulo de Finura de 2.56, por lo tanto este agregado es óptimo para la elaboración de probetas de concreto, ya que la norma recomienda usar un Agregado Fino con M. F. entre 2.30 a 3.10.

B) AGREGADO GRUESO

De acuerdo a los parámetros de la NTP 400.012 (2013), luego de ensayar una muestra de 25 Kg de Agregado Grueso en base a la NTP 400.010 (2001) y comparando la granulometría con los límites establecidos en la NTP 400.037 (2002) para el Huso Granulométrico N° 06, se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 4.2. Curva Granulométrica del Agregado Grueso.



Fuente: Los autores (2018).

Como podemos observar en la **Figura 4.2.**, el Agregado Grueso se encuentra dentro de los límites máximos y mínimos para el Huso Granulométrico N°6 establecido en la NTP 400.037 (2002), por lo tanto este agregado es óptimo para la elaboración de probetas de concreto.

4.1.3. PESO UNITARIO

De acuerdo a la NTP 400.017 (2011), se siguió el procedimiento para determinar el peso unitario del agregado en condición suelto o compactado.

Tabla 4.3. Peso Unitario Suelto Seco (PUSS) del Agregado Fino.

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Volumen del Recipiente [m ³]	0.007	0.007	0.007
Peso del Recipiente [kg]	3.34	3.34	3.34
Peso del Recipiente + Muestra [kg]	14.902	15.186	15.286
Peso de Muestra [kg]	11.562	11.846	11.946
PUSS [kg/m ³]	1651.71	1692.29	1706.57
PUSS FINAL [kg/m³]	1680		

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.4. Peso Unitario Compactado Seco (PUCS) del Agregado Fino.

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Volumen del Recipiente [m ³]	0.007	0.007	0.007
Peso del Recipiente [kg]	3.34	3.34	3.34
Peso del Recipiente + Muestra [kg]	15.854	15.87	15.834
Peso de Muestra [kg]	12.514	12.53	12.494
PUCS [kg/m ³]	1787.71	1790.00	1784.86
PUCS FINAL [kg/m³]	1790		

Fuente: Los autores (2018).

Se obtuvieron valores de 1680 kg/m³ para el Peso Unitario Suelto Seco (PUSS) y de 1790 kg/m³ para el Peso Unitario Compactado Seco (PUCS) del Agregado Fino. Estos valores serán los que utilizaremos en el diseño de mezcla correspondiente a cada probeta a elaborar.

Tabla 4.5. Peso Unitario Suelto Seco (PUSS) del Agregado Grueso.

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Volumen del Recipiente [m ³]	0.0142	0.0142	0.0142
Peso del Recipiente [kg]	5.314	5.314	5.314
Peso del Recipiente + Muestra [kg]	26.444	26.354	26.166
Peso de Muestra [kg]	21.13	21.04	20.852
PUSS [kg/m ³]	1488.03	1481.69	1468.45
PUSS FINAL [kg/m³]	1480		

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.6. Peso Unitario Compactado Seco (PUCS) del Agregado Grueso.

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Volumen del Recipiente [m ³]	0.0142	0.0142	0.0142
Peso del Recipiente [kg]	5.314	5.314	5.314
Peso del Recipiente + Muestra [kg]	28.274	28.51	28.304
Peso de Muestra [kg]	22.96	23.196	22.99
PUCS [kg/m ³]	1616.90	1633.52	1619.01
PUCS FINAL [kg/m³]	1620		

Fuente: Los autores (2018).

Se obtuvieron valores de 1480 kg/m³ para el Peso Unitario Suelto Seco (PUSS) y de 1620 kg/m³ para el Peso Unitario Compactado Seco (PUCS) del Agregado Grueso. Estos valores serán los que utilizaremos en el diseño de mezcla correspondiente a cada relación agua/cemento.

4.1.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

De acuerdo a la NTP 400.021 (2013), se siguió el procedimiento para determinar la densidad relativa (peso específico) y la absorción del agregado grueso.

Tabla 4.7. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Peso del Recipiente [g]	211.5	213.5	252.5
Peso del Recipiente + Muestra Seca [g]	2687	2691.5	2728.5
Peso del Recipiente + Muestra Parcialmente Saturada [g]	2724.5	2726.5	2770
A) Peso Muestra Seca [g]	2475.5	2478	2476
B) Peso Muestra Parcialmente Saturada [g]	2513	2513	2517.5
C) Peso Muestra Sumergida [g]	1587	1581	1578
PESO ESPECÍFICO [kg/m ³]	2.67	2.66	2.64
ABSORCIÓN [%]	1.51	1.41	1.68
PESO ESPECÍFICO FINAL [kg/m³]		2660	
ABSORCIÓN FINAL [%]		1.50	

Fuente: Los autores (2018).

Se obtuvieron valores de 2660 kg/m³ para el Peso Específico y de 1.50 % para la Absorción del Agregado Grueso, estos valores serán los que utilizaremos en el diseño de mezcla correspondiente a cada relación agua/cemento.

4.1.5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO

De acuerdo a la NTP 400.022 (2013), se siguió el procedimiento para determinar la densidad relativa (peso específico) y la absorción del agregado fino.

Tabla 4.8. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Peso del Recipiente [g]	85	118.5	62.5
Peso del Recipiente + Muestra Seca [g]	580	607.5	557
Peso del Recipiente + Muestra Parcialmente Saturada [g]	585	613.5	562.5
A) Peso Muestra Seca [g]	495	489	494.5
B) Peso de la Fiola + Agua [g]	621	658.5	668.5
C) Peso de la Fiola + Agua + Muestra [g]	936.5	967	982.5
S) Peso Muestra Parcialmente Saturada [g]	500	495	500
PESO ESPECÍFICO [kg/m ³]	2.68	2.62	2.66
ABSORCIÓN [%]	1.01	1.23	1.11
PESO ESPECÍFICO FINAL [kg/m³]		2660	
ABSORCIÓN FINAL [%]		1.10	

Fuente: Los autores (2018).

Se obtuvieron valores de 2660 kg/m³ para el Peso Específico y de 1.10 % para la Absorción del Agregado Fino, estos valores serán los que utilizaremos en el diseño de mezcla correspondiente a cada relación agua/cemento.

4.2. DISEÑO DE MEZCLA

4.2.1. MATERIALES PARA LA DOSIFICACIÓN DE CONCRETO

A) CEMENTO

El cemento es el componente más activo del concreto, es por ello que el comportamiento del concreto se verá influenciado por la calidad y propiedades del cemento a elegir.

Para la elección del tipo de cemento a utilizar, se tuvo en cuenta que a cada diseño de mezcla se incorporará el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI, por lo que necesitaremos un cemento puro sin modificaciones ni adiciones para poder apreciar mejor los resultados logrados en esta investigación.

Es por ello, que se optó por elegir Cemento Portland Tipo I, que tiene un peso específico es de 3150 kg/m³, (Ver Anexo N°7).

B) AGREGADO GRUESO

Para el diseño de mezcla de concreto se utilizarán los datos obtenidos en cada ensayo realizado de acuerdo con su Normas Técnicas Peruanas (NTP) correspondiente.

Tabla 4.9. Propiedades Físicas del Agregado Grueso.

Humedad [%]	0.40
TMN	3/4"
PUSS [kg/m ³]	1480
PUCS [kg/m ³]	1620
Peso Específico [kg/m ³]	2660
Absorción [%]	1.50

Fuente: Los autores (2018).

C) AGREGADO FINO

Para el diseño de mezcla de concreto se utilizarán los datos obtenidos en cada ensayo realizado de acuerdo con su Normas Técnicas Peruanas (NTP) correspondiente.

Tabla 4.10. Propiedades Físicas del Agregado Fino.

Humedad [%]	0.60
M. F.	2.56
PUSS [kg/m ³]	1680
PUCS [kg/m ³]	1790
Peso Específico [kg/m ³]	2660
Absorción [%]	1.10

Fuente: Los autores (2018).

D) ADITIVO INHIBIDOR DE CORROSIÓN SIKA® CNI

El aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI, tiene como objetivo principal proteger el acero de refuerzo en concretos convencionales y así extender la vida útil de las estructuras de manera efectiva por la inhibición de la corrosión.

Tabla 4.11. Datos Técnicos de Sika® CNI.

Dosificación [kg/m ³]	7
Densidad [kg/L]	1.25

Fuente: Los autores (2018).

4.2.2. DOSIFICACIONES

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

Tomando como base un concreto convencional de relaciones agua/cemento de 0.55, 0.60 y 0.65, se realiza el diseño de mezcla considerando la incorporación del aditivo inhibidor de corrosión para cada diseño.

4.2.2.1. DISEÑO DE MEZCLA CON RELACIÓN A/C = 0.55

Se elaboró un concreto convencional de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ACI 211.1 (2002), a partir de un agregado grueso de TMN de 3/4" y una relación a/c de 0.55, sin considerar la incorporación del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI; logrando la siguiente dosificación:

Tabla 4.12. Dosificación Concreto A/C = 0.55.

MATERIALES	PESO SECO [kg]	VOLUMEN [m ³]	PESO HÚMEDO [kg]	TANDA [175 L] (*)
Cemento Tipo I	393	0.1248	393	68.78
Agua	216	0.2160	231	40.43
Arena	657	0.2467	661	115.68
Piedra	1044	0.3925	1049	183.58
Aire	2%	0.0200	2%	-
Total	2310	1.0000	2334	408.45

Fuente: Los autores (2018).

(*) El valor de 175 L corresponde a su equivalente de 0.175 m³, calculados considerando el número de probetas de concreto a elaborar detalladas en la **Tabla 3.2.** y **Tabla 4.18.**

4.2.2.2. DISEÑO DE MEZCLA CON RELACIÓN A/C = 0.55 + SIKA® CNI

Se elaboró un concreto convencional de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ACI 211.1 (2002), considerando un agregado grueso de TMN de 3/4", una relación a/c de 0.55 y la incorporación del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI; logrando la siguiente dosificación:

Tabla 4.13. Dosificación Concreto A/C = 0.55 + Sika® CNI.

MATERIALES	PESO SECO [kg]	VOLUMEN [m ³]	PESO HÚMEDO [kg]	TANDA [175 L] (*)
Cemento Tipo I	393	0.1248	393	68.78
Agua	210.4	0.2104	226	39.55
Sika® CNI	7	0.0056	7	1.23
Arena	657	0.2467	661	115.68
Piedra	1044	0.3925	1049	183.58
Aire	2%	0.0200	2%	-
Total	2311.4	1.0000	2336	408.80

Fuente: Los autores (2018).

(*) El valor de 175 L corresponde a su equivalente de 0.175 m³, calculados considerando el número de probetas de concreto a elaborar detalladas en la **Tabla 3.2.** y **Tabla 4.18.**

4.2.2.3. DISEÑO DE MEZCLA CON RELACIÓN A/C = 0.60

Se elaboró un concreto convencional de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ACI 211.1 (2002), a partir de un agregado grueso de TMN de 3/4" y una relación a/c de 0.60, sin considerar la incorporación del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI; logrando la siguiente dosificación:

Tabla 4.14. Dosificación Concreto A/C = 0.60.

MATERIALES	PESO SECO [kg]	VOLUMEN [m ³]	PESO HÚMEDO [kg]	TANDA [175 L]
Cemento Tipo I	360	0.1143	360	63.00
Agua	216	0.2160	231	40.43
Arena	685	0.2572	690	120.75
Piedra	1044	0.3925	1049	183.58
Aire	2%	0.0200	2%	-
Total	2305	1.0000	2330	407.75

Fuente: Los autores (2018).

(*) El valor de 175 L corresponde a su equivalente de 0.175 m³, calculados considerando el número de probetas de concreto a elaborar detalladas en la **Tabla 3.2.** y **Tabla 4.18.**

4.2.2.4. DISEÑO DE MEZCLA CON RELACIÓN A/C = 0.60 + SIKA® CNI

Se elaboró un concreto convencional de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ACI 211.1 (2002), considerando un agregado grueso de TMN de 3/4", una relación a/c de 0.60 y la incorporación del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI; logrando la siguiente dosificación:

Tabla 4.15. Dosificación Concreto A/C = 0.60 + Sika® CNI.

MATERIALES	PESO SECO [kg]	VOLUMEN [m ³]	PESO HÚMEDO [kg]	TANDA [175 L]
Cemento Tipo I	360	0.1143	360	63.00
Agua	210.4	0.2104	226	39.55
Sika® CNI	7	0.0056	7	1.23
Arena	685	0.2572	690	120.75
Piedra	1044	0.3925	1049	183.58
Aire	2%	0.0200	2%	-
Total	2306.4	1.0000	2332	408.10

Fuente: Los autores (2018).

(*) El valor de 175 L corresponde a su equivalente de 0.175 m³, calculados considerando el número de probetas de concreto a elaborar detalladas en la **Tabla 3.2.** y **Tabla 4.18.**

4.2.2.5. DISEÑO DE MEZCLA CON RELACIÓN A/C = 0.65

Se elaboró un concreto convencional de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ACI 211.1 (2002), a partir de un agregado grueso de TMN de 3/4" y una relación a/c de 0.65, sin considerar la incorporación del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI; logrando la siguiente dosificación:

Tabla 4.16. Dosificación Concreto A/C = 0.65.

MATERIALES	PESO SECO [kg]	VOLUMEN [m ³]	PESO HÚMEDO [kg]	TANDA [175 L]
Cemento Tipo I	333	0.1058	333	58.28
Agua	216	0.2160	232	40.60
Arena	707	0.2657	712	124.60
Piedra	1044	0.3925	1049	183.58
Aire	2%	0.0200	2%	-
Total	2300	1.0000	2326	407.05

Fuente: Los autores (2018).

(*) El valor de 175 L corresponde a su equivalente de 0.175 m³, calculados considerando el número de probetas de concreto a elaborar detalladas en la **Tabla 3.2.** y **Tabla 4.18.**

4.2.2.6. DISEÑO DE MEZCLA CON RELACIÓN A/C = 0.65 + SIKA® CNI

Se elaboró un concreto convencional de acuerdo a los procedimientos establecidos en la norma ACI 211.1 (2002), considerando un agregado grueso de TMN de 3/4", una relación a/c de 0.65 y la incorporación del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI; logrando la siguiente dosificación:

Tabla 4.17. Dosificación Concreto A/C = 0.65 + Sika® CNI.

MATERIALES	PESO SECO [kg]	VOLUMEN [m ³]	PESO HÚMEDO [kg]	TANDA [175 L]
Cemento Tipo I	333	0.1058	333	58.28
Agua	210.4	0.2104	226	39.55
Sika® CNI	7	0.0056	7	1.23
Arena	707	0.2657	712	124.60
Piedra	1044	0.3925	1049	183.58
Aire	2%	0.0200	2%	-
Total	2301.4	1.0000	2327	407.23

Fuente: Los autores (2018).

(*) El valor de 175 L corresponde a su equivalente de 0.175 m³, calculados considerando el número de probetas de concreto a elaborar detalladas en la **Tabla 3.2.** y **Tabla 4.18.**

4.3. ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

Para la presente investigación, se elaboraron un total de 72 probetas cilíndricas de concreto simple de 6" x 12".

Las probetas cilíndricas se agruparon en 6 grupos de 12 probetas correspondientes a cada diseño de mezcla elaborado, según la norma ACI 211 (2002).

Luego de 24 horas se retiraron los moldes de encofrado y se colocaron dentro de la poza de curado del Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte a una temperatura ambiente.

El tiempo de curado al que fueron expuestas las probetas fue de 7, 28, 56 y 90 días.

Tabla 4.18. Probetas de Concreto Simple a Elaborar para evaluar Resistencia a Compresión.

R. A/C	7 DIAS		28 DIAS		56 DIAS		90 DIAS		TOTAL
	S/ CNI	C/ CNI	S/ CNI	C/ CNI	S/ CNI	C/ CNI	S/ CNI	C/ CNI	
0.55	3	3	3	3	3	3	3	3	24
0.60	3	3	3	3	3	3	3	3	24
0.65	3	3	3	3	3	3	3	3	24
TOTAL									72

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.19. Elaboración, Desencofrado, Curado y Ensayo a Compresión de Probetas Concreto A/C = 0.55.

CONCRETO A/C = 0.55				
Tiempo de Curado	7 Días	28 Días	56 Días	90 Días
Elaboración	01/02/2017	01/02/2017	01/02/2017	01/02/2017
Desencofrado	02/02/2017	02/02/2017	02/02/2017	02/02/2017
Ensayo de Resistencia a Compresión	08/02/2017	01/03/2017	29/03/2017	02/05/2017

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.20. Elaboración, Desencofrado, Curado y Ensayo a Compresión de Probetas Concreto A/C = 0.55 + Sika® CNI.

CONCRETO A/C = 0.55 + SIKA® CNI				
Tiempo de Curado	7 Días	28 Días	56 Días	90 Días
Elaboración	03/02/2017	03/02/2017	03/02/2017	03/02/2017
Desencofrado	04/02/2017	04/02/2017	04/02/2017	04/02/2017
Ensayo de Resistencia a Compresión	10/02/2017	03/03/2017	31/03/2017	04/05/2017

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.21. Elaboración, Desencofrado, Curado y Ensayo a Compresión de Probetas
Concreto A/C = 0.60.

CONCRETO A/C = 0.60				
Tiempo de Curado	7 Días	28 Días	56 Días	90 Días
Elaboración	03/02/2017	03/02/2017	03/02/2017	03/02/2017
Desencofrado	04/02/2017	04/02/2017	04/02/2017	04/02/2017
Ensayo de Resistencia a Compresión	10/02/2017	03/03/2017	31/03/2017	04/05/2017

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.22. Elaboración, Desencofrado, Curado y Ensayo a Compresión de Probetas
Concreto A/C = 0.60 + Sika® CNI.

CONCRETO A/C = 0.60 + SIKA® CNI				
Tiempo de Curado	7 Días	28 Días	56 Días	90 Días
Elaboración	07/02/2017	07/02/2017	07/02/2017	07/02/2017
Desencofrado	08/02/2017	08/02/2017	08/02/2017	08/02/2017
Ensayo de Resistencia a Compresión	14/02/2017	07/03/2017	04/04/2017	08/05/2017

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.23. Elaboración, Desencofrado, Curado y Ensayo a Compresión de Probetas
Concreto A/C = 0.65.

CONCRETO A/C = 0.65				
Tiempo de Curado	7 Días	28 Días	56 Días	90 Días
Elaboración	07/02/2017	07/02/2017	07/02/2017	07/02/2017
Desencofrado	08/02/2017	08/02/2017	08/02/2017	08/02/2017
Ensayo de Resistencia a Compresión	14/02/2017	07/03/2017	04/04/2017	08/05/2017

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.24. Elaboración, Desencofrado, Curado y Ensayo a Compresión de Probetas
Concreto A/C = 0.65 + Sika® CNI.

CONCRETO A/C = 0.65 + SIKA® CNI				
Tiempo de Curado	7 Días	28 Días	56 Días	90 Días
Elaboración	08/02/2017	08/02/2017	08/02/2017	08/02/2017
Desencofrado	09/02/2017	09/02/2017	09/02/2017	09/02/2017
Ensayo de Resistencia a Compresión	15/02/2017	08/03/2017	05/04/2017	09/05/2017

Fuente: Los autores (2018).

4.4. ELABORACIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO ARMADO

Para la presente investigación, se elaboraron un total de 54 probetas de concreto armado de 9cm x 9cm x 18cm, en las cuales se colocó barras de acero corrugado de 3/8" de diámetro con 10cm de longitud. Previamente se realizó la preparación y limpieza del acero de la presencia de productos de corrosión de acuerdo al procedimiento detallado en la norma ISO 8407 (2014).

Las probetas de concreto armado se agruparon en 6 grupos de 9 probetas correspondientes a cada diseño de mezcla elaborado, según la norma ACI 211 (2002).

Luego de 24 horas se retiraron los moldes de encofrado y posteriormente se llevaron a las zonas de Buenos Aires, Huanchaco y Salaverry para exponerlas a dichos ambientes marinos por un tiempo de 358 días.

Tabla 4.25. Elaboración, Codificación, Tiempo y Lugar de Exposición de Probetas de
Concreto Armado A/C = 0.55.

Codificación	CONCRETO A/C = 0.55		
	Buenos Aires	Huanchaco	Salaverry
	<i>Fe-01, Fe-02, Fe-03</i>	<i>Fe-04, Fe-05, Fe-06</i>	<i>Fe-07, Fe-08, Fe-09</i>
Elaboración	01/02/2017	01/02/2017	01/02/2017
Inicio de Exposición	09/02/2017	09/02/2017	09/02/2017
Tiempo de Exposición	358 Días	358 Días	358 Días

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.26. Elaboración, Codificación, Tiempo y Lugar de Exposición de Probetas de Concreto Armado A/C = 0.55 + Sika® CNI.

CONCRETO A/C = 0.55 + SIKA® CNI			
Codificación	Buenos Aires	Huanchaco	Salaverry
	<i>Fe-12, Fe-13, Fe-14</i>	<i>Fe-15, Fe-16, Fe-17</i>	<i>Fe-18, Fe-19, Fe-20</i>
Elaboración	03/02/2017	03/02/2017	03/02/2017
Inicio de Exposición	09/02/2017	09/02/2017	09/02/2017
Tiempo de Exposición	358 Días	358 Días	358 Días

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.27. Elaboración, Codificación, Tiempo y Lugar de Exposición de Probetas de Concreto Armado A/C = 0.60.

CONCRETO A/C = 0.60			
Codificación	Buenos Aires	Huanchaco	Salaverry
	<i>Fe-21, Fe-22, Fe-23</i>	<i>Fe-24, Fe-25, Fe-26</i>	<i>Fe-27, Fe-28, Fe-29</i>
Elaboración	03/02/2017	03/02/2017	03/02/2017
Inicio de Exposición	09/02/2017	09/02/2017	09/02/2017
Tiempo de Exposición	358 Días	358 Días	358 Días

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.28. Elaboración, Codificación, Tiempo y Lugar de Exposición de Probetas de Concreto Armado A/C = 0.60 + Sika® CNI.

CONCRETO A/C = 0.60 + SIKA® CNI			
Codificación	Buenos Aires	Huanchaco	Salaverry
	<i>Fe-32, Fe-33, Fe-34</i>	<i>Fe-35, Fe-36, Fe-37</i>	<i>Fe-38, Fe-39, Fe-40</i>
Elaboración	07/02/2017	07/02/2017	07/02/2017
Inicio de Exposición	09/02/2017	09/02/2017	09/02/2017
Tiempo de Exposición	358 Días	358 Días	358 Días

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.29. Elaboración, Codificación, Tiempo y Lugar de Exposición de Probetas de Concreto Armado A/C = 0.65.

CONCRETO A/C = 0.65			
Codificación	Buenos Aires	Huanchaco	Salaverry
	<i>Fe-41, Fe-42, Fe-43</i>	<i>Fe-44, Fe-45, Fe-46</i>	<i>Fe-47, Fe-48, Fe-49</i>
Elaboración	07/02/2017	07/02/2017	07/02/2017
Inicio de Exposición	09/02/2017	09/02/2017	09/02/2017
Tiempo de Exposición	358 Días	358 Días	358 Días

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.30. Elaboración, Codificación, Tiempo y Lugar de Exposición de Probetas de Concreto Armado A/C = 0.65 + Sika® CNI.

CONCRETO A/C = 0.60 + SIKA® CNI			
Codificación	Buenos Aires	Huanchaco	Salaverry
	<i>Fe-52, Fe-53, Fe-54</i>	<i>Fe-55, Fe-56, Fe-57</i>	<i>Fe-58, Fe-59, Fe-60</i>
Elaboración	08/02/2017	08/02/2017	08/02/2017
Inicio de Exposición	09/02/2017	09/02/2017	09/02/2017
Tiempo de Exposición	358 Días	358 Días	358 Días

Fuente: Los autores (2018).

4.5. ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

4.5.1. ASENTAMIENTO (SLUMP)

De acuerdo a la NTP 339.035 (2015), se siguió el procedimiento para determinar el asentamiento del concreto para cada diseño de mezcla.

Como podemos observar en la **Tabla 4.31.** el asentamiento en el concreto es uniforme y conforme a los parámetros de diseño establecidos para cada dosificación de acuerdo al apartado **4.2.2.**

Tabla 4.31. Asentamiento (Slump) para cada Diseño de Mezcla.

DOSIFICACIÓN	SLUMP
Concreto A/C = 0.55	7"
Concreto A/C = 0.55 + Sika® CNI	7"
Concreto A/C = 0.60	8"
Concreto A/C = 0.60 + Sika® CNI	7"
Concreto A/C = 0.65	7"
Concreto A/C = 0.65 + Sika® CNI	7"

Fuente: Los autores (2018).

Estos datos indican, que el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI no modifica el asentamiento del concreto, es decir, el uso de este aditivo no influye en la trabajabilidad del concreto para las relaciones agua/cemento con las que se trabajó.

4.5.2. PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE

De acuerdo a la NTP 339.046 (2008), se siguió el procedimiento para determinar el peso unitario del concreto fresco y el contenido de aire del concreto para cada diseño de mezcla.

Tabla 4.32. Peso Unitario y Contenido de Aire (A/C = 0.55).

DESCRIPCIÓN	A/C = 0.55	A/C = 0.55 + SIKA® CNI
Volumen del recipiente [m ³]	0.007	0.007
Peso del concreto [kg]	16.545	16.600
PESO UNITARIO [kg/m³]	2360	2370
CONTENIDO DE AIRE [%]	0.90	0.80

Fuente: Los autores (2018).

Como podemos observar en la **Tabla 4.32.** el Peso Unitario del concreto es uniforme y presenta una variación del 0.42% en comparación entre un concreto a/c = 0.55 con respecto a un concreto a/c = 0.55 + Sika® CNI.

De la misma forma, el contenido de aire para un concreto a/c = 0.55 + Sika® CNI es menor que un concreto a/c = 0.55, lo que explica el ligero aumento en el peso del concreto. Por lo tanto, el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI no influye o modifica el peso unitario del concreto.

Tabla 4.33. Peso Unitario y Contenido de Aire (A/C = 0.60).

DESCRIPCIÓN	A/C = 0.60	A/C = 0.60 + SIKA® CNI
Volumen del recipiente [m ³]	0.007	0.007
Peso del concreto [kg]	16.626	16.642
PESO UNITARIO [kg/m³]	2380	2390
CONTENIDO DE AIRE [%]	1.30	1.20

Fuente: Los autores (2018).

Como podemos observar en la **Tabla 4.33.** el Peso Unitario del concreto es uniforme y presenta una variación del 0.42% en comparación entre un concreto a/c = 0.60 con respecto a un concreto a/c = 0.60 + Sika® CNI.

De la misma forma, el contenido de aire para un concreto a/c = 0.60 + Sika® CNI es menor que un concreto a/c = 0.60, lo que explica el ligero aumento en el peso del concreto. Por lo tanto, el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI no influye o modifica el peso unitario del concreto.

Tabla 4.34. Peso Unitario y Contenido de Aire (A/C = 0.65).

DESCRIPCIÓN	A/C = 0.65	A/C = 0.65 + SIKA® CNI
Volumen del recipiente [m ³]	0.007	0.007
Peso del concreto [kg]	16.446	16.522
PESO UNITARIO [kg/m³]	2350	2360
CONTENIDO DE AIRE [%]	1.30	1.20

Fuente: Los autores (2018).

Como podemos observar en la **Tabla 4.34.** el Peso Unitario del concreto es uniforme y presenta una variación del 0.42% en comparación entre un concreto a/c = 0.65 con respecto a un concreto a/c = 0.65 + Sika® CNI.

De la misma forma, el contenido de aire para un concreto a/c = 0.65 + Sika® CNI es menor que un concreto a/c = 0.65, lo que explica el ligero aumento en el peso del concreto. Por lo tanto, el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI no influye o modifica el peso unitario del concreto.

4.5.3. TEMPERATURA

De acuerdo a la NTP 339.184 (2013), se siguió el procedimiento para determinar la temperatura del concreto en estado fresco para cada diseño de mezcla.

Tabla 4.35. Temperatura para cada Diseño de Mezcla.

DOSIFICACIÓN	TEMPERATURA
Concreto A/C = 0.55	28.5° C.
Concreto A/C = 0.55 + Sika [®] CNI	28.5° C.
Concreto A/C = 0.60	28.5° C.
Concreto A/C = 0.60 + Sika [®] CNI	28.0° C.
Concreto A/C = 0.65	28.0° C.
Concreto A/C = 0.65 + Sika [®] CNI	28.0° C.

Fuente: Los autores (2018).

Como podemos observar en la **Tabla 4.3.**, la temperatura del concreto varía entre $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$., esto significa, que el aditivo inhibidor de corrosión Sika[®] CNI no altera la temperatura del concreto, lo que implica que en el momento del vaciado no existirá un mayor calor de hidratación y por lo tanto un cambio en el volumen del concreto que se evidencia con la aparición de grietas y fisuras.

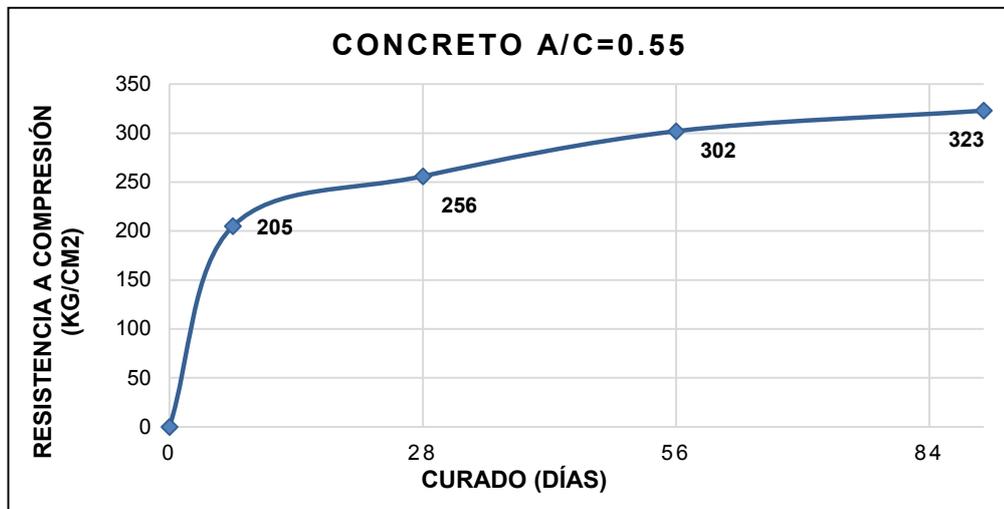
4.6. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO

De acuerdo a la NTP 339.034 (2015), se siguió el procedimiento para determinar la resistencia a compresión en probetas cilíndricas.

En la presente investigación, se ensayaron un total de 72 probetas cilíndricas de 6" x 12", divididas en 6 grupos de 12 probetas correspondientes a cada diseño de mezcla elaborado, a 7, 28, 56 y 90 días de curado.

A continuación se muestran la Resistencia a Compresión Promedio alcanzada a diferentes edades de curado por cada diseño de mezcla elaborado:

Figura 4.3. Resistencia a Compresión Concreto A/C = 0.55.

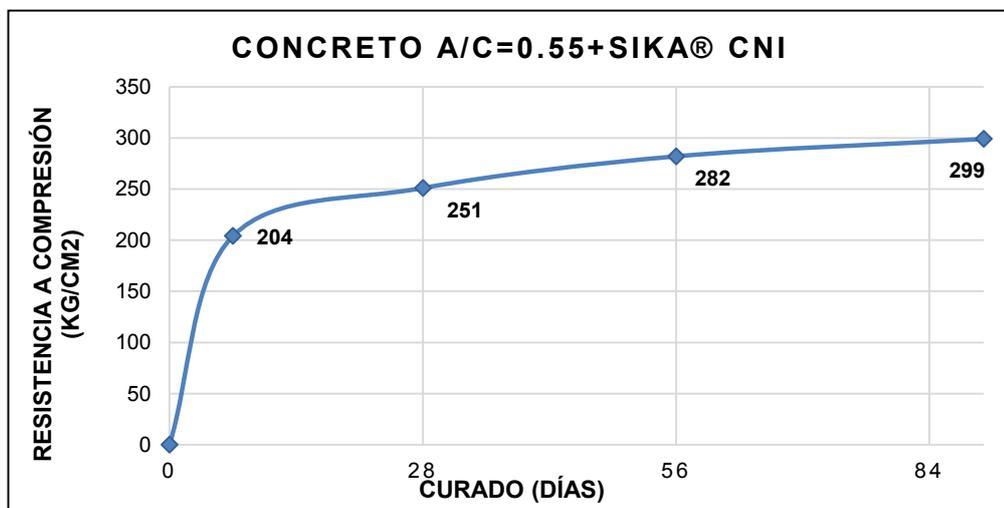


Fuente: Los autores (2018).

En la **Figura 4.3.**, se muestra la resistencia a compresión máxima promedio alcanzada, en un Concreto $a/c = 0.55$, para cada edad de curado.

- 7 días de Curado: Resistencia a Compresión Promedio de 205 kg/cm².
- 28 días de Curado: Resistencia a Compresión Promedio de 256 kg/cm².
- 56 días de Curado: Resistencia a Compresión Promedio de 302 kg/cm².
- 90 días de Curado: Resistencia a Compresión Promedio de 323 kg/cm².

Figura 4.4. Resistencia a Compresión Concreto A/C = 0.55 + Sika® CNI.

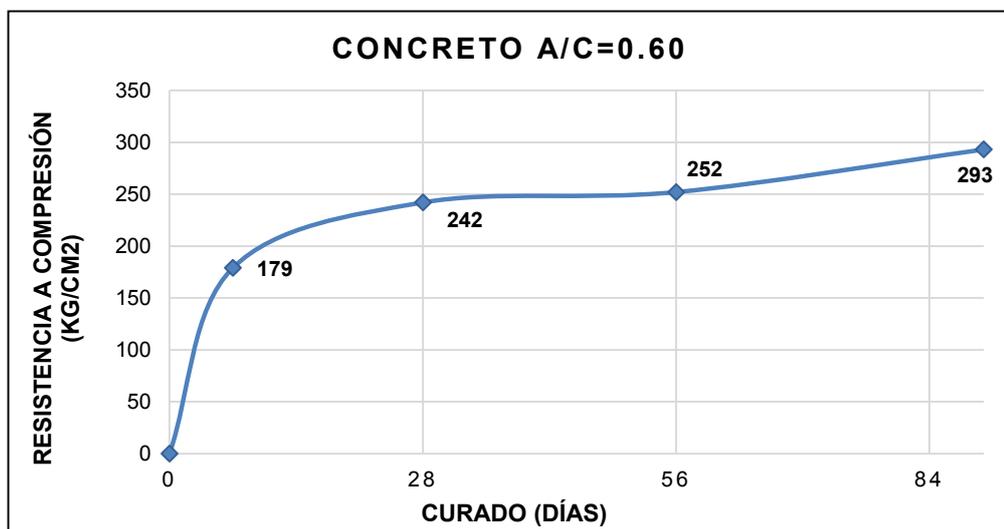


Fuente: Los autores (2018).

En la **Figura 4.4.**, se muestra la resistencia a compresión máxima promedio alcanzada, en un Concreto a/c = 0.55 + Sika[®] CNI, para cada edad de curado.

- 7 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 204 kg/cm².
- 28 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 251 kg/cm².
- 56 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 282 kg/cm².
- 90 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 299 kg/cm².

Figura 4.5. Resistencia a Compresión Concreto A/C = 0.60.

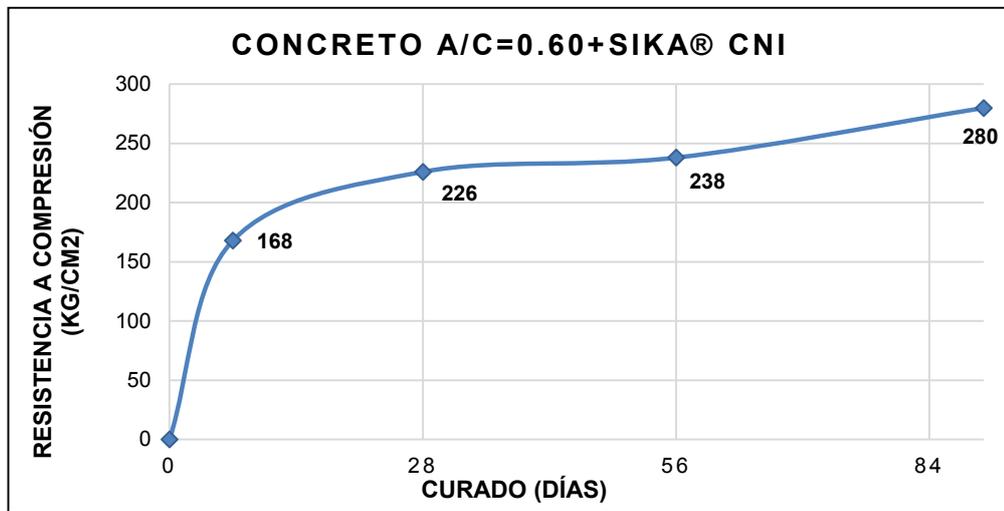


Fuente: Los autores (2018).

En la **Figura 4.5.**, se muestra la resistencia a compresión máxima promedio alcanzada, en un Concreto a/c = 0.60, para cada edad de curado.

- 7 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 179 kg/cm².
- 28 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 242 kg/cm².
- 56 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 252 kg/cm².
- 90 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 293 kg/cm².

Figura 4.6. Resistencia a Compresión Concreto A/C = 0.60 + Sika® CNI.

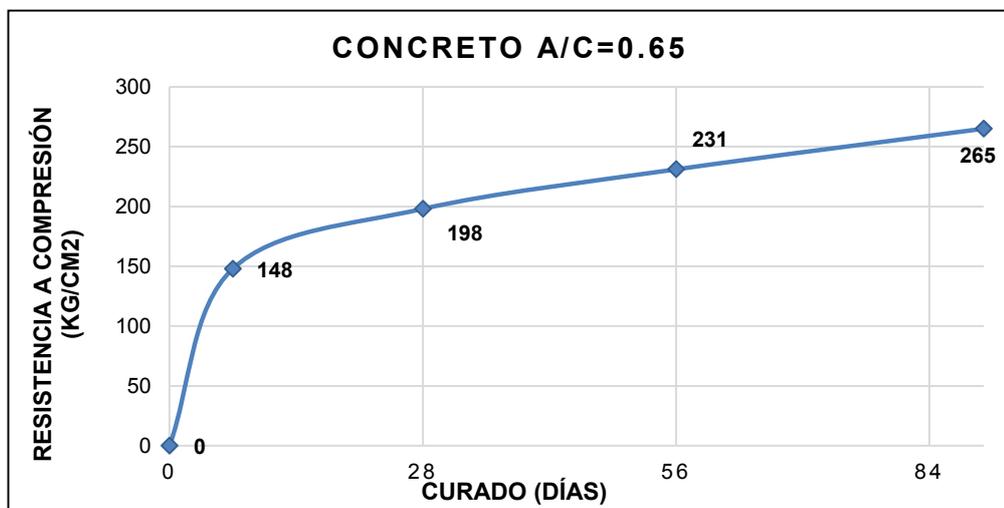


Fuente: Los autores (2018).

En la **Figura 4.6.**, se muestra la resistencia a compresión máxima promedio alcanzada, en un Concreto a/c = 0.60 + Sika® CNI, para cada edad de curado.

- 7 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 168 kg/cm².
- 28 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 226 kg/cm².
- 56 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 238 kg/cm².
- 90 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 280 kg/cm².

Figura 4.7. Resistencia a Compresión Concreto A/C = 0.65.

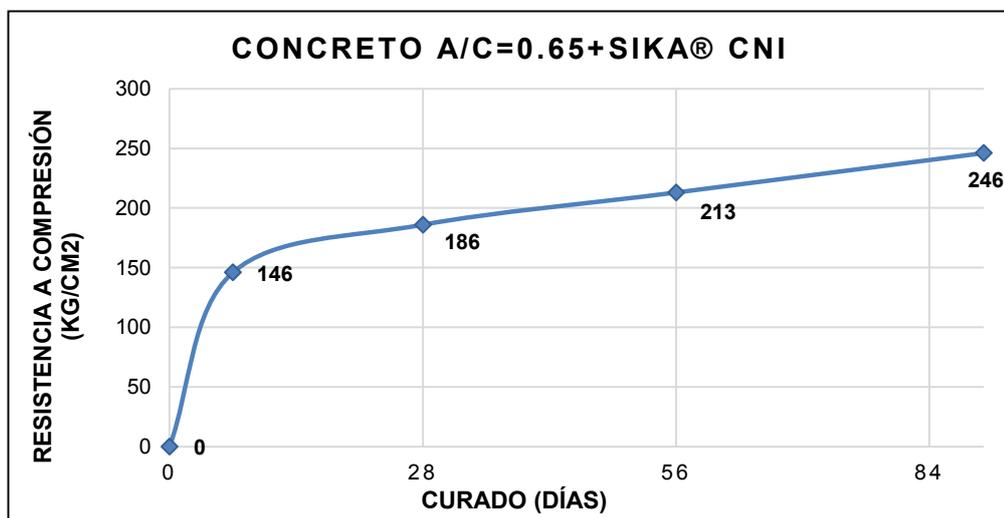


Fuente: Los autores (2018).

En la **Figura 4.7.**, se muestra la resistencia a compresión máxima promedio alcanzada, en un Concreto a/c = 0.65, para cada edad de curado.

- 7 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 148 kg/cm².
- 28 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 198 kg/cm².
- 56 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 231 kg/cm².
- 90 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 265 kg/cm².

Figura 4.8. Resistencia a Compresión Concreto A/C = 0.65 + Sika® CNI.



Fuente: Los autores (2018).

En la **Figura 4.8.**, se muestra la resistencia a compresión máxima promedio alcanzada, en un Concreto a/c = 0.65 + Sika® CNI, para cada edad de curado.

- 7 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 146 kg/cm².
- 28 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 186 kg/cm².
- 56 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 213 kg/cm².
- 90 días de curado: Resistencia a Compresión Promedio de 246 kg/cm².

Analizando los resultados anteriormente expuestos, es posible apreciar que la mayor capacidad de soporte de carga, es decir una mayor resistencia a compresión, la tiene un Concreto sin la incorporación del Aditivo Inhibidor de Corrosión Sika[®] CNI. Este tipo de aditivo tiene como efecto secundario una disminución mínima de la resistencia a la compresión en el concreto para cada relación agua / cemento.

A continuación, se muestran las diferencias existentes en las cargas máximas soportadas de los concretos con Sika[®] CNI respecto a los del concreto sin la incorporación del aditivo a una edad de curado de 90 días.

Tabla 4.36. Comparación de Resultados de Resistencia a Compresión.

DESCRIPCIÓN	CONCRETO A/C = 0.55		CONCRETO A/C = 0.60		CONCRETO A/C = 0.65	
	S / Sika [®] CNI	C / Sika [®] CNI	S / Sika [®] CNI	C / Sika [®] CNI	S / Sika [®] CNI	C / Sika [®] CNI
RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/cm²)	323	299	293	280	265	246
DISMINUCIÓN DE RESISTENCIA (%)	7.43		4.44		7.17	

Fuente: Los autores (2018).

La disminución de resistencia a compresión en concretos con Sika[®] CNI se aprecia comparando los valores obtenidos, logrando obtener resultados con porcentajes mínimos que varían entre 4% a 7.5%.

No obstante, los resultados de resistencia a compresión son netamente de control, y posteriormente serán evaluados junto a los resultados de velocidad de corrosión para analizar la factibilidad del uso del aditivo inhibidor de corrosión Sika[®] CNI.

4.7. PÉRDIDA DE MASA

De acuerdo a la Norma ISO 8407 (2014), se siguió el procedimiento para la eliminación de los productos de corrosión formados sobre barras de acero de refuerzo de 3/8" de diámetro con 10 cm de longitud embebidas en probetas de concreto expuestas a los ambientes marinos de Buenos Aires, Huanchaco y Salaverry.

En la presente investigación, se ensayaron un total de 54 probetas de concreto armado de 9cm x 9cm x 18cm”, divididas en 6 grupos de 9 probetas correspondientes a cada diseño de mezcla elaborado. Se realizó la medida de la masa de cada barra de acero previamente al inicio de exposición y posteriormente luego de 358 días de exposición.

Figura 4.9. Mapa de las zonas de exposición de ambiente marino.



Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.37. Resultados de Pérdida de Masa en Probetas expuestas en la zona de Buenos Aires.

Lugar de Exposición	Relación: Agua/Cemento	Inhibidor de Corrosión	Código de Probeta	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de Masa (g)
BUENOS AIRES	0.55	S / Sika® CNI	Fe-01	52.2575	52.2493	0.0082
			Fe-02	51.7048	51.6968	0.0080
			Fe-03	51.4917	51.4831	0.0086
		C / Sika® CNI	Fe-12	51.9290	51.9221	0.0069
			Fe-13	52.2964	52.2894	0.0070
			Fe-14	51.8769	51.8696	0.0073
	0.60	S / Sika® CNI	Fe-21	51.9921	51.9825	0.0096
			Fe-22	51.8611	51.8519	0.0092
			Fe-23	51.7253	51.7160	0.0093
		C / Sika® CNI	Fe-32	51.2618	51.2528	0.0090
			Fe-33	51.1363	51.1278	0.0085
			Fe-34	52.4344	52.4255	0.0089
	0.65	S / Sika® CNI	Fe-41	51.6615	51.6506	0.0109
			Fe-42	51.4436	51.4326	0.0110
Fe-43			51.1158	51.1046	0.0112	
C / Sika® CNI		Fe-52	51.5729	51.5630	0.0099	
		Fe-53	51.6229	51.6129	0.0100	
			Fe-54	50.9128	50.9026	0.0102

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.38. Resultados de Pérdida de Masa en Probetas expuestas en la zona de
Huanchaco.

Lugar de Exposición	Relación: Agua/Cemento	Inhibidor de Corrosión	Código de Probeta	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de Masa (g)
HUANCHACO	0.55	S / Sika [®] CNI	Fe-04	52.1693	52.1642	0.0051
			Fe-05	51.5572	51.5518	0.0054
			Fe-06	51.4825	51.4770	0.0055
		C / Sika [®] CNI	Fe-15	51.6990	51.6943	0.0047
			Fe-16	52.2127	52.2081	0.0046
			Fe-17	51.6098	51.6049	0.0049
	0.60	S / Sika [®] CNI	Fe-24	52.2748	52.2675	0.0073
			Fe-25	51.8165	51.8094	0.0071
			Fe-26	51.4116	51.4045	0.0071
		C / Sika [®] CNI	Fe-35	51.4100	51.4033	0.0067
			Fe-36	51.6029	51.5963	0.0066
			Fe-37	51.9358	51.9290	0.0068
	0.65	S / Sika [®] CNI	Fe-44	51.9279	51.9196	0.0083
			Fe-45	51.9075	51.8993	0.0082
			Fe-46	52.3345	52.3265	0.0080
C / Sika [®] CNI		Fe-55	52.2286	52.2208	0.0078	
		Fe-56	51.9107	51.9030	0.0077	
			Fe-57	51.9660	51.9585	0.0075

Fuente: Los autores (2018).

Analizando la **Tabla 4.37.**, **4.38.** y **4.39.**, podemos observar que, de acuerdo al lugar de exposición, existe una mayor pérdida de masa en las barras de acero embebidas en concreto expuesto a la zona de Buenos Aires.

Este fenómeno se explica debido a la ubicación en la que se colocaron las probetas, ya que el mar se encuentra alejado de la zona urbana y conduce a una menor velocidad de depósito de cloruros, por lo que se evidencia un entorno atmosférico menos agresivo en comparación a las otras zonas en evaluación.

Tabla 4.39. Resultados de Pérdida de Masa en Probetas expuestas en la zona de Salaverry.

Lugar de Exposición	Relación: Agua/Cemento	Inhibidor de Corrosión	Código de Probeta	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de Masa (g)
SALAVERRY	0.55	S / Sika® CNI	Fe-07	52.0671	52.0633	0.0038
			Fe-08	51.0862	51.0825	0.0037
			Fe-09	51.1603	51.1568	0.0035
		C / Sika® CNI	Fe-18	52.1146	52.1117	0.0029
			Fe-19	51.1239	51.1211	0.0028
			Fe-20	51.7960	51.7933	0.0027
	0.60	S / Sika® CNI	Fe-27	51.0459	51.0407	0.0052
			Fe-28	52.1202	52.1146	0.0056
			Fe-29	51.7612	51.7557	0.0055
		C / Sika® CNI	Fe-38	51.5595	51.5545	0.0050
			Fe-39	51.2461	51.2413	0.0048
			Fe-40	51.4550	51.4504	0.0046
	0.65	S / Sika® CNI	Fe-47	51.5746	51.5685	0.0061
			Fe-48	52.0213	52.0151	0.0062
			Fe-49	51.6832	51.6767	0.0065
		C / Sika® CNI	Fe-58	51.8377	51.8320	0.0057
			Fe-59	51.8088	51.8033	0.0055
			Fe-60	51.6278	51.6225	0.0053

Fuente: Los autores (2018).

Analizando la **Tabla 4.37.**, **4.38.** y **4.39.**, podemos observar que, de acuerdo a la calidad del concreto, existe una mayor pérdida de masa en las barras de acero embebidas en concreto con relación a/c = 0.65.

Este fenómeno se explica debido a que un concreto con baja relación agua / cemento, presenta una estructura interna con menor porosidad, que permite contrarrestar los factores medioambientales y el ingreso de agentes agresivos externos, en comparación de concretos con relaciones agua / cemento más elevadas.

En este caso, la corrosión produce descascamiento y vacíos en la superficie del acero de refuerzo, que al cuantificarse la masa de la barra de acero, se evidencia la pérdida de masa sufrida luego de la exposición al ambiente marino.

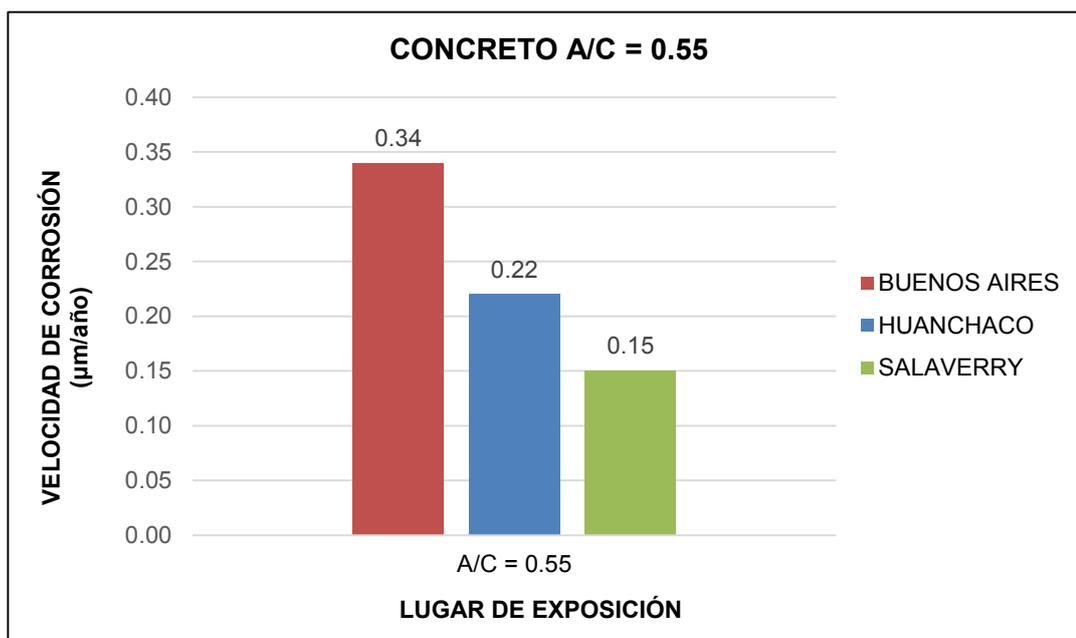
4.8. VELOCIDAD DE CORROSIÓN

De acuerdo a la Norma ISO/TC 156 /WG 4 (2014), se siguió el procedimiento para determinar la velocidad de corrosión en barras de acero de refuerzo de 3/8" de diámetro con 10 cm de longitud, embebidas en probetas de concreto armado expuestas a los ambientes marinos de Buenos Aires, Huanchaco y Salaverry.

En la presente investigación, se ensayaron un total de 54 probetas de concreto armado de 9cm x 9cm x 18cm", divididas en 6 grupos de 9 probetas correspondientes a cada diseño de mezcla elaborado, ensayadas a 358 días de exposición.

A continuación, se muestra la a Velocidad de Corrosión alcanzada de acuerdo al lugar de exposición y al diseño de mezcla elaborado:

Figura 4.10. Velocidad de Corrosión Concreto A/C = 0.55.

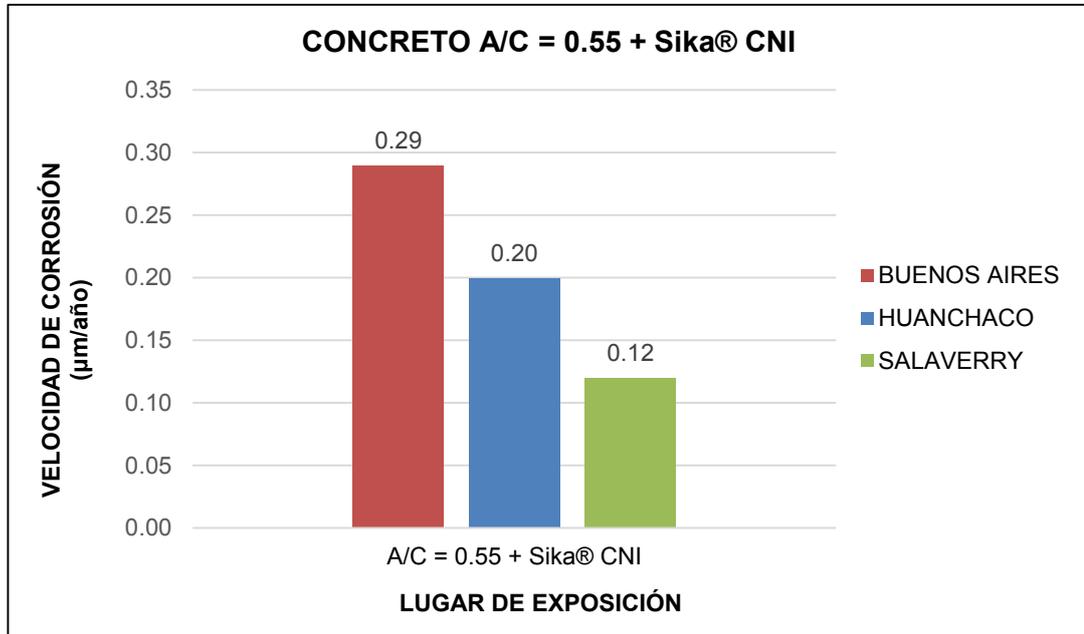


Fuente: Los autores (2018).

En la **Figura 4.10.**, se muestra la velocidad de corrosión promedio para barras de acero embebidas en un Concreto A/C = 0.55, luego de estar expuestas durante 358 días a las zonas de ambiente marino que se detallan a continuación:

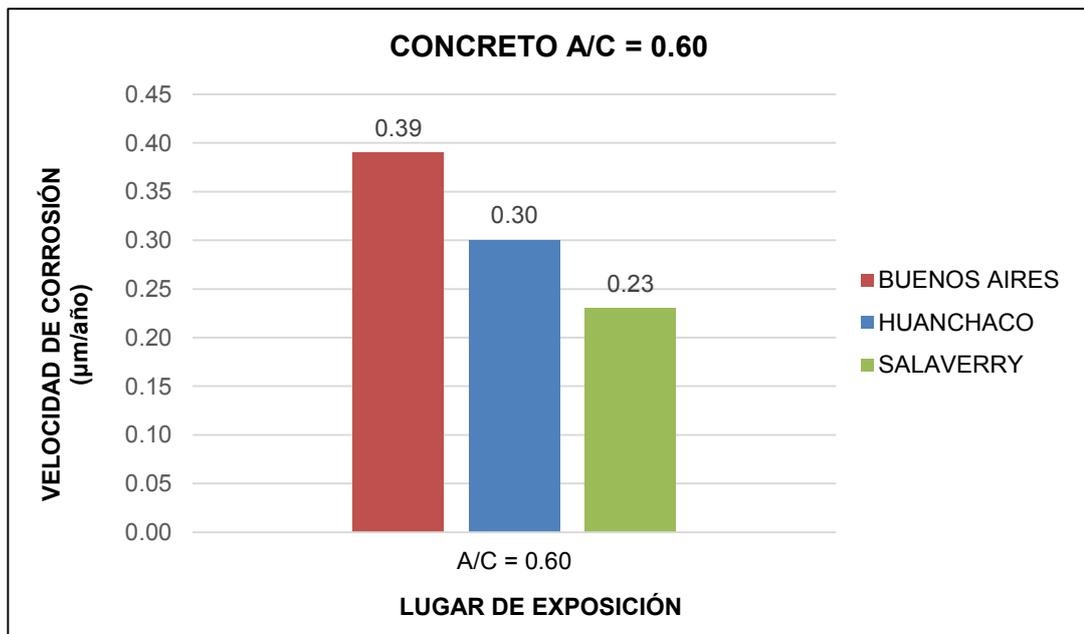
- Buenos Aires: Velocidad de Corrosión de 0.34 µm/año.
- Huanchaco: Velocidad de Corrosión de 0.22 µm/año.
- Salaverry: Velocidad de Corrosión de 0.15 µm/año.

Figura 4.11. Velocidad de Corrosión Concreto A/C = 0.55 + Sika[®] CNI.



Fuente: Los autores (2018).

Figura 4.12. Velocidad de Corrosión Concreto A/C = 0.60.



Fuente: Los autores (2018).

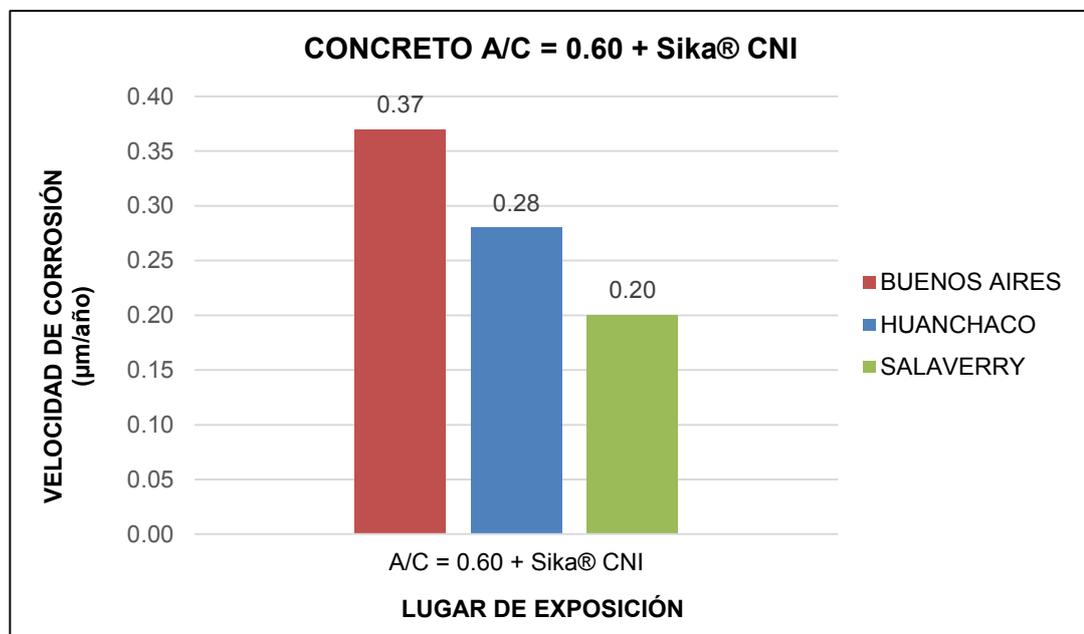
En la **Figura 4.11.**, se muestra la velocidad de corrosión promedio para barras de acero embebidas en un Concreto A/C = 0.55 + Sika® CNI, luego de estar expuestas durante 358 días a las zonas de ambiente marino que se detallan a continuación:

- Buenos Aires: Velocidad de Corrosión de 0.29 $\mu\text{m/año}$.
- Huanchaco: Velocidad de Corrosión de 0.20 $\mu\text{m/año}$.
- Salaverry: Velocidad de Corrosión de 0.12 $\mu\text{m/año}$.

En la **Figura 4.12.**, se muestra la velocidad de corrosión promedio para barras de acero embebidas en un Concreto A/C = 0.60, luego de estar expuestas durante 358 días a las zonas de ambiente marino que se detallan a continuación:

- Buenos Aires: Velocidad de Corrosión de 0.39 $\mu\text{m/año}$.
- Huanchaco: Velocidad de Corrosión de 0.30 $\mu\text{m/año}$.
- Salaverry: Velocidad de Corrosión de 0.23 $\mu\text{m/año}$.

Figura 4.13. Velocidad de Corrosión Concreto A/C = 0.60 + Sika® CNI.

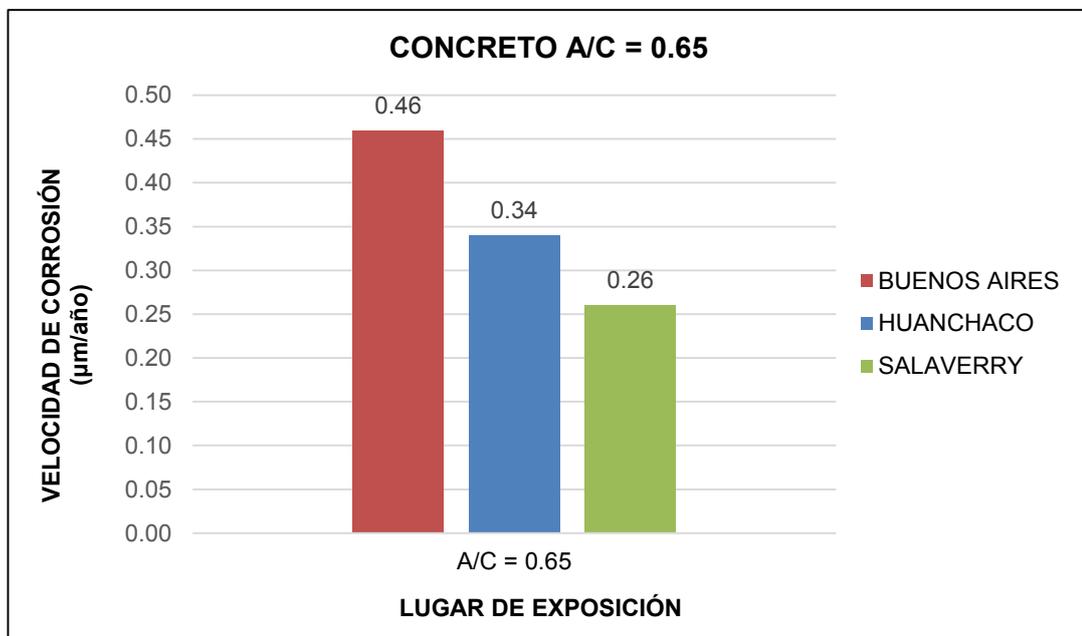


Fuente: Los autores (2018).

En la **Figura 4.13.**, se muestra la velocidad de corrosión promedio para barras de acero embebidas en un Concreto A/C = 0.60 + Sika® CNI, luego de estar expuestas durante 358 días a las zonas de ambiente marino que se detallan a continuación:

- Buenos Aires: Velocidad de Corrosión de 0.37 $\mu\text{m/año}$.
- Huanchaco: Velocidad de Corrosión de 0.28 $\mu\text{m/año}$.
- Salaverry: Velocidad de Corrosión de 0.20 $\mu\text{m/año}$.

Figura 4.14. Velocidad de Corrosión Concreto A/C = 0.65.

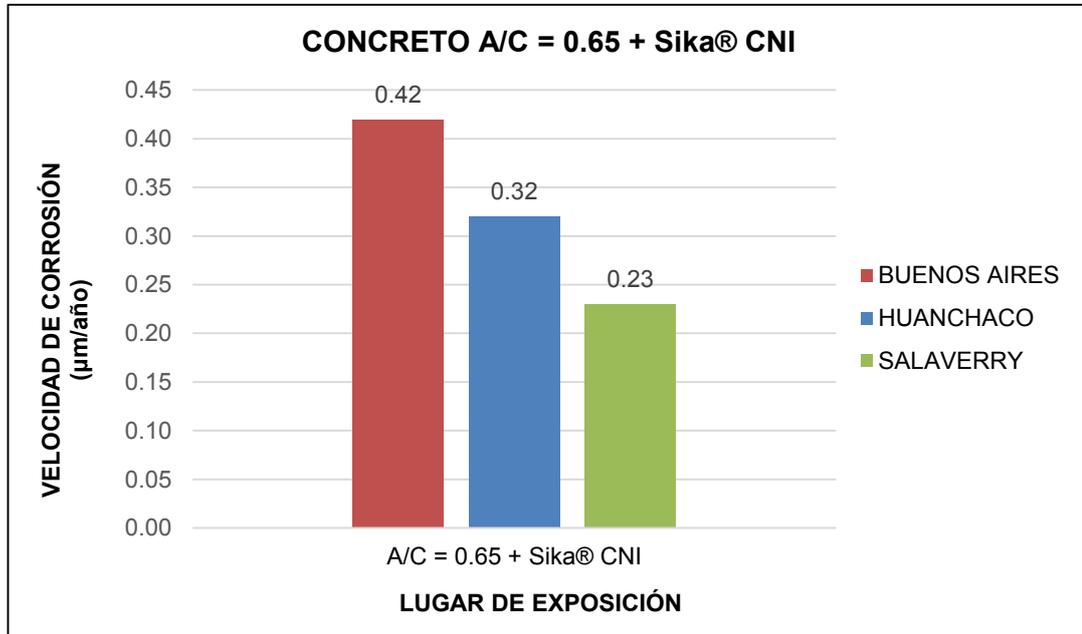


Fuente: Los autores (2018).

En la **Figura 4.14.**, se muestra la velocidad de corrosión promedio para barras de acero embebidas en un Concreto A/C = 0.65, luego de estar expuestas durante 358 días a las zonas de ambiente marino que se detallan a continuación:

- Buenos Aires: Velocidad de Corrosión de 0.46 $\mu\text{m/año}$.
- Huanchaco: Velocidad de Corrosión de 0.34 $\mu\text{m/año}$.
- Salaverry: Velocidad de Corrosión de 0.26 $\mu\text{m/año}$.

Figura 4.15. Velocidad de Corrosión Concreto A/C = 0.65 + Sika® CNI.



Fuente: Los autores (2018).

En la **Figura 4.15.**, se muestra la velocidad de corrosión promedio para barras de acero embebidas en un Concreto A/C = 0.65 + Sika® CNI, luego de estar expuestas durante 358 días a las zonas de ambiente marino que se detallan a continuación:

- Buenos Aires: Velocidad de Corrosión de 0.42 $\mu\text{m/año}$.
- Huanchaco: Velocidad de Corrosión de 0.32 $\mu\text{m/año}$.
- Salaverry: Velocidad de Corrosión de 0.23 $\mu\text{m/año}$.

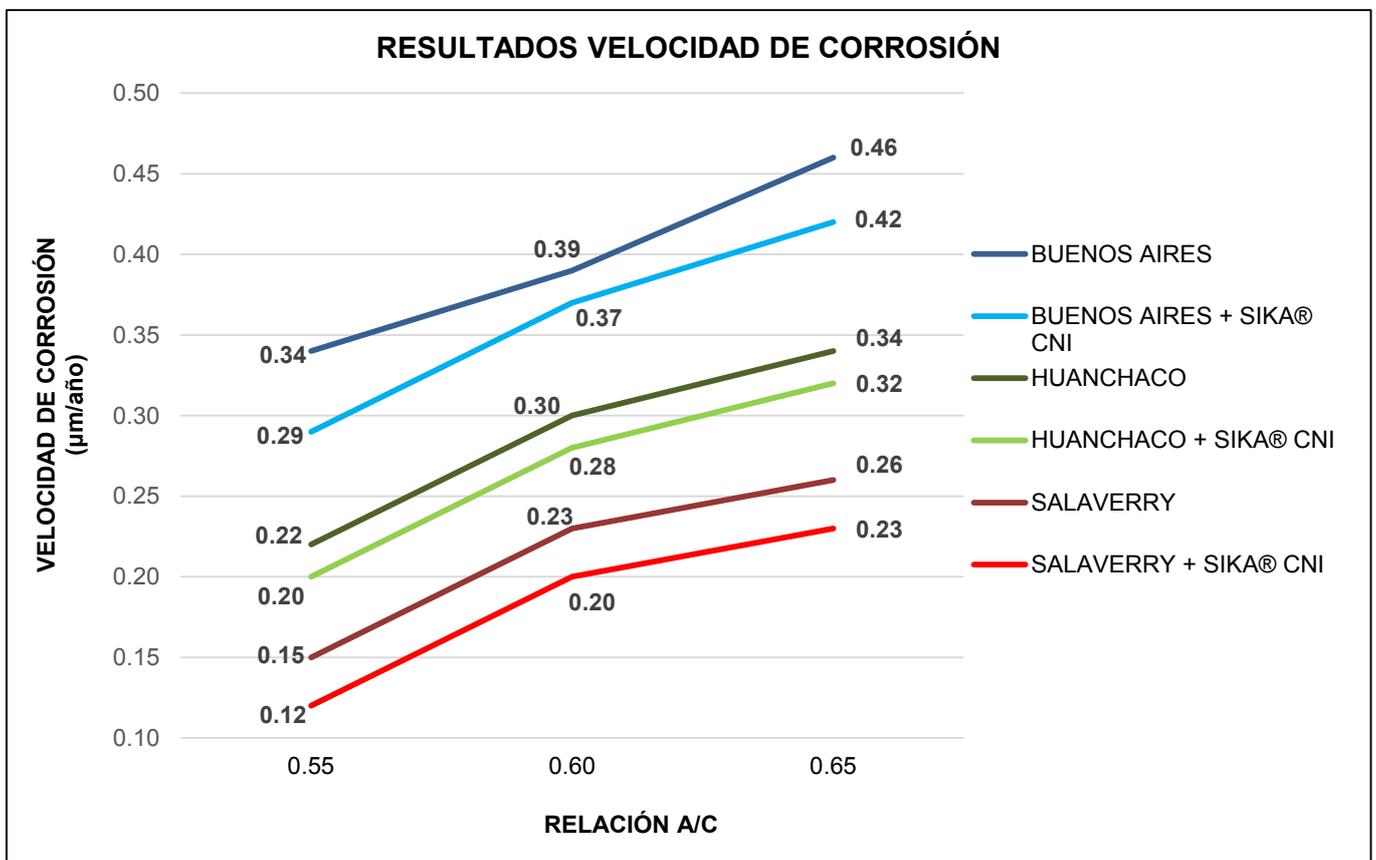
Analizando los resultados anteriormente expuestos, es posible apreciar que la menor velocidad de corrosión, de acuerdo al lugar de exposición la tienen las probetas expuestas en Salaverry.

Este fenómeno se explica debido a la ubicación en la que se colocaron las probetas, ya que el mar se encuentra alejado de la zona urbana y conduce a una menor velocidad de depósito de cloruros, por lo que se evidencia un entorno atmosférico menos agresivo en comparación a las otras zonas en evaluación.

Asimismo, podemos diferenciar notoriamente que la menor velocidad de corrosión, de acuerdo a la calidad del concreto en función a la relación agua / cemento, la tienen las probetas con un concreto $a/c = 0.55$.

Este fenómeno se explica, debido a que un concreto con baja relación agua / cemento presenta una estructura interna con menor porosidad, que permite contrarrestar los factores medioambientales y el ingreso de agentes agresivos externos, en comparación de concretos con relaciones agua / cemento más elevadas.

Figura 4.16. Comparación de resultados de Velocidad de Corrosión.



Fuente: Los autores (2018).

La disminución de velocidad de corrosión en concretos con Sika® CNI se aprecia comparando los valores obtenidos en cada lugar de exposición. Por lo tanto, con la incorporación del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI, lograremos disminuir la velocidad de corrosión en el acero de refuerzo en las zonas de ambiente marino de Buenos Aires, Huanchaco y Salaverry.

Tabla 4.40. Porcentaje de Disminución de Velocidad de Corrosión

Lugar de Exposición	Relación: Agua/Cemento	Inhibidor de Corrosión	Velocidad de Corrosión [$\mu\text{m}/\text{año}$]	Disminución Velocidad de Corrosión [%]
BUENOS AIRES	0.55	S / Sika® CNI	0.34	14.71%
		C / Sika® CNI	0.29	
	0.60	S / Sika® CNI	0.39	5.13%
		C / Sika® CNI	0.37	
	0.65	S / Sika® CNI	0.46	8.70%
		C / Sika® CNI	0.42	
HUANCHACO	0.55	S / Sika® CNI	0.22	9.09%
		C / Sika® CNI	0.20	
	0.60	S / Sika® CNI	0.30	6.67%
		C / Sika® CNI	0.28	
	0.65	S / Sika® CNI	0.34	5.88%
		C / Sika® CNI	0.32	
SALAVERRY	0.55	S / Sika® CNI	0.15	20.00%
		C / Sika® CNI	0.12	
	0.60	S / Sika® CNI	0.23	13.04%
		C / Sika® CNI	0.20	
	0.65	S / Sika® CNI	0.26	11.54%
		C / Sika® CNI	0.23	

Fuente: Los autores (2018).

De acuerdo a la **Tabla 4.40.**, es posible apreciar que el mayor porcentaje de disminución de velocidad de Corrosión se da en la zona de Salaverry, debido a que esta zona presenta el ambiente marino con agentes corrosivos menos agresivo en comparación a las otras zonas de exposición.

Asimismo, en los concretos con relación $a/c = 0.55$, se logra un mayor porcentaje de disminución de velocidad de corrosión, es decir, a una mayor calidad de concreto, se logra una mayor efectividad usando el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI.

4.9. ANÁLISIS DE DATOS

4.9.1. PRUEBA DE NORMALIDAD

El método para realizar la Prueba de Normalidad es la prueba de Shapiro – Wilk y como instrumento se utilizó el programa SPSS.

Tabla 4.41. Prueba de Normalidad – Zona de Exposición Buenos Aires.

PRUEBA DE NORMALIDAD: BUENOS AIRES			
Relación: Agua/Cemento	Aditivo-Inhibidor	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
0.55	Sin Sika® CNI	3	0.321
	Con Sika® CNI	3	0.520
0.60	Sin Sika® CNI	3	0.463
	Con Sika® CNI	3	0.554
0.65	Sin Sika® CNI	3	0.637
	Con Sika® CNI	3	0.637

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.42. Prueba de Normalidad – Zona de Exposición Huanchaco.

PRUEBA DE NORMALIDAD: HUANCHACO			
Relación: Agua/Cemento	Aditivo-Inhibidor	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
0.55	Sin Sika® CNI	3	0.281
	Con Sika® CNI	3	0.637
0.60	Sin Sika® CNI	3	0.298
	Con Sika® CNI	3	0.537
0.65	Sin Sika® CNI	3	0.463
	Con Sika® CNI	3	0.328

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.43. Prueba de Normalidad – Zona de Exposición Salaverry.

PRUEBA DE NORMALIDAD: SALAVERRY			
Relación: Agua/Cemento	Aditivo-Inhibidor	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
0.55	Sin Sika® CNI	3	0.157
	Con Sika® CNI	3	0.726
0.60	Sin Sika® CNI	3	0.274
	Con Sika® CNI	3	1.000
0.65	Sin Sika® CNI	3	0.206
	Con Sika® CNI	3	1.000

Fuente: Los autores (2018).

De acuerdo a la **Tabla 4.41.**, **4.42.** y **4.43.**, los resultados obtenidos de velocidad de corrosión para cada relación agua/cemento y zona de exposición muestran normalidad, debido a que su nivel de significancia es mayor a 0.05.

4.9.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

El método para realizar la Prueba de Hipótesis es la prueba de T-Student y como instrumento se utilizó el programa SPSS.

Tabla 4.44. Prueba T-Student – A/C = 0.55 – Buenos Aires

Estadísticas de grupo				
BUENOS AIRES		N	Media	Desviación estándar
RELACIÓN 0.55	Sin Sika® CNI	3	0.342	0.015
	Con Sika® CNI	3	0.292	0.009

prueba t para la igualdad de medias				
t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
			Inferior	Superior
4.957	4	0.008	0.022	0.079

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.45. Prueba T-Student – A/C = 0.60 – Buenos Aires

Estadísticas de grupo				
BUENOS AIRES		N	Media	Desviación estándar
RELACIÓN 0.60	Sin Sika® CNI	3	0.389	0.008
	Con Sika® CNI	3	0.365	0.009
prueba t para la igualdad de medias				
t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
			Inferior	Superior
3.349	4	0.029	0.004	0.043

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.46. Prueba T-Student – A/C = 0.65 – Buenos Aires

Estadísticas de grupo				
BUENOS AIRES		N	Media	Desviación estándar
RELACIÓN 0.65	Sin Sika® CNI	3	0.462	0.009
	Con Sika® CNI	3	0.419	0.008
prueba t para la igualdad de medias				
t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
			Inferior	Superior
6.291	4	0.003	0.024	0.062

Fuente: Los autores (2018).

De acuerdo a la **Tabla 4.44.**, **4.45.** y **4.46.**, los resultados obtenidos de velocidad de corrosión para cada relación agua/cemento expuestos en Buenos Aires presentan diferencia significativa, debido a que su nivel de significancia es menor a 0.05.

Tabla 4.47. Prueba T-Student – A/C = 0.55 – Huanchaco

Estadísticas de grupo				
HUANCHACO		N	Media	Desviación estándar
RELACIÓN 0.55	Sin Sika® CNI	3	0.222	0.010
	Con Sika® CNI	3	0.197	0.008

prueba t para la igualdad de medias				
t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
			Inferior	Superior
3.395	4	0.027	0.005	0.045

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.48. Prueba T-Student – A/C = 0.60 – Huanchaco

Estadísticas de grupo				
HUANCHACO		N	Media	Desviación estándar
RELACIÓN 0.60	Sin Sika® CNI	3	0.297	0.003
	Con Sika® CNI	3	0.279	0.004

prueba t para la igualdad de medias				
t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
			Inferior	Superior
6.574	4	0.003	0.011	0.026

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.49. Prueba T-Student – A/C = 0.65 – Huanchaco

Estadísticas de grupo				
HUANCHACO		N	Media	Desviación estándar
RELACIÓN 0.65	Sin Sika® CNI	3	0.337	0.008
	Con Sika® CNI	3	0.317	0.006
prueba t para la igualdad de medias				
t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
			Inferior	Superior
3.516	4	0.025	0.004	0.037

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.50. Prueba T-Student – A/C = 0.55 – Salaverry

Estadísticas de grupo				
SALAVERRY		N	Media	Desviación estándar
RELACIÓN 0.55	Sin Sika® CNI	3	0.153	0.006
	Con Sika® CNI	3	0.116	0.004
prueba t para la igualdad de medias				
t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
			Inferior	Superior
8.696	4	0.001	0.025	0.048

Fuente: Los autores (2018).

De acuerdo a la **Tabla 4.47.**, **4.48.** y **4.49.**, los resultados obtenidos de velocidad de corrosión para cada relación agua/cemento expuestos en Huanchaco presentan diferencia significativa, debido a que su nivel de significancia es menor a 0.05.

Tabla 4.51. Prueba T-Student – A/C = 0.60 – Salaverry

Estadísticas de grupo				
SALAVERRY		N	Media	Desviación estándar
RELACIÓN 0.60	Sin Sika® CNI	3	0.226	0.007
	Con Sika® CNI	3	0.201	0.009
prueba t para la igualdad de medias				
t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
			Inferior	Superior
3.798	4	0.019	0.007	0.043

Fuente: Los autores (2018).

Tabla 4.52. Prueba T-Student – A/C = 0.65 – Salaverry

Estadísticas de grupo				
SALAVERRY		N	Media	Desviación estándar
RELACIÓN 0.65	Sin Sika® CNI	3	0.260	0.009
	Con Sika® CNI	3	0.228	0.008
prueba t para la igualdad de medias				
t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
			Inferior	Superior
4.568	4	0.010	0.013	0.052

Fuente: Los autores (2018).

De acuerdo a la **Tabla 4.50.**, **4.51.** y **4.52.**, los resultados obtenidos de velocidad de corrosión para cada relación agua/cemento expuestos en Salaverry presentan diferencia significativa, debido a que su nivel de significancia es menor a 0.05.

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

5.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

5.1.1. ENSAYOS A LOS AGREGADOS

Luego de ensayar los agregados siguiendo los procedimientos establecidos por las Normas Técnicas Peruanas (NTP) correspondientes para cada propiedad, es importante señalar que la cantera Barreto cuenta con agregados aptos para elaborar concretos óptimos y de gran durabilidad.

Tal es el caso, que el agregado fino presenta un módulo de finura de 2.56, valor que se encuentra dentro del rango óptimo de módulo de finura recomendado por la NTP 400.037 (2002), el cual debe estar entre 2.30 a 3.10, y que además es un indicador para mantener una buena trabajabilidad del concreto.

Asimismo, la granulometría del agregado grueso se encuentra dentro de los límites máximos y mínimos permitidos según el Huso Granulométrico N°6 establecido en la NTP 400.037 (2002). Esto significa que, el agregado grueso presenta una gradación variada de sus partículas y que durante la elaboración del concreto, estas tendrán un mejor acomodamiento en la pasta de concreto fresco, que nos permitirá mejorar la resistencia a compresión del concreto y su durabilidad.

En cuanto a los resultados obtenidos de Humedad, tanto del agregado grueso como del agregado fino, tenemos valores de 0.40% y 0.60% respectivamente. Dichos valores expresan netamente las condiciones bajo las cuales está almacenado el agregado, es decir, si se encuentran en zonas húmedas, zonas propensas a lluvias o en un lugar protegido de la intemperie. Es por ello que, posteriormente, durante la elaboración del diseño de mezcla, estos resultados están sujetos a una corrección de control por agua para poder mantener una relación agua / cemento adecuada.

Cabe resaltar, que para el Peso Unitario Compactado Seco (PUCS) del agregado grueso y del agregado fino, se obtuvieron valores de 1620 kg/m³ y 1790 kg/m³ respectivamente, y para el Peso Unitario Suelto Seco (PUSS) del agregado grueso y del agregado fino, se obtuvieron valores de 1480 kg/m³ y 1680 kg/m³.

Estas diferencias notables entre el PUCS y el PUSS se explican debido a la angularidad de las partículas de agregado, es decir, estos agregados tienen una gradación variada. Además, estos valores de Peso Unitario se muestran bastante interesantes si se desea elaborar un concreto de peso normal, ya que se encuentran dentro del rango de 1200 kg/m³ a 1800 kg/m³ aproximadamente.

Se obtuvieron también valores de Peso Específico, tanto para el agregado grueso, como para el agregado fino, de 2660 kg/m^3 y de 2660 kg/m^3 respectivamente. Además, valores de Absorción, igualmente tanto para el agregado grueso como para el agregado fino de 1.50% y de 1.10% respectivamente; siendo estos últimos, datos que debemos controlar en el diseño de mezcla, ya que un aporte mayor al calculado alteraría consecuentemente la relación agua / cemento en el concreto y por ende su resistencia a compresión.

Finalmente, apreciando los resultados expuestos anteriormente, podemos corroborar que se obtuvieron buenos resultados en cuanto a las propiedades físicas de los agregados, que luego de analizarlos detenidamente podemos elaborar concretos que cumplan acertadamente con lo estipulado en nuestros diseños de mezcla.

5.1.2. ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

En el proceso de elaboración de cada tipo de concreto, se realizaron ensayos para evaluar la influencia del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI, en el concreto en estado fresco.

Inicialmente, se realizó el ensayo para determinar el asentamiento del concreto para cada diseño de mezcla, siguiendo los procedimientos establecidos en la NTP 339.035 (2015). Los resultados obtenidos, tal como se puede observar en la **Tabla 4.31.**, reflejan valores de asentamiento de 7", el cual es uniforme y conforme a los parámetros de diseño establecidos para cada dosificación, de acuerdo al apartado **4.2.2.**

Estos datos indican, que el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI no modifica el asentamiento del concreto, es decir, el uso de este aditivo no influye en la trabajabilidad del concreto para las relaciones agua/cemento con las que se trabajó.

Asimismo, se realizó también el ensayo de peso unitario y contenido de aire, cuyos resultados se aprecian en la **Tabla 4.32.**, **4.33.** y **4.34.**, obteniendo valores uniformes con una variación máxima del 0.50% para el peso unitario.

Para el caso del contenido de aire, podemos notar que es menor en un concreto con la incorporación del aditivo, lo que explica el ligero aumento en el peso del concreto. Por lo tanto, el uso del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI no aumenta el peso unitario del concreto, manteniéndose entre el rango de 2300 kg/m^3 a 2400 kg/m^3 .

Finalmente, se realizó el ensayo para determinar la temperatura del concreto en estado fresco para cada diseño de mezcla, cuyos valores se resumen en la **Tabla 4.35.**, los cuales varían entre $\pm 0.5^\circ\text{C}$., esto significa, que el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI no altera la temperatura del concreto, lo que implica que en el momento del vaciado no existirá un mayor calor de hidratación y por lo tanto un cambio en el volumen del concreto que se evidencia con la aparición de grietas y fisuras.

5.1.3. RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Luego de haber ensayado las probetas cilíndricas de 6" x 12", siguiendo los cronograma del apartado 4.3. para cada diseño de mezcla, y de acuerdo los parámetros de la NTP 339.034 (2015), es posible apreciar que la mayor capacidad de soporte de carga, es decir, una mayor resistencia a compresión, la tiene un concreto sin la incorporación del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI.

Sika® CNI tiene como efecto secundario una disminución mínima de la resistencia a la compresión en el concreto para cada relación agua / cemento. Este efecto en concretos con la incorporación de Sika® CNI, se aprecia comparando los valores obtenidos, según la **Tabla 4.36.**, logrando obtener resultados con porcentajes mínimos que varían entre 4% a 7.5%.

No obstante, los resultados de resistencia a compresión son netamente de control, por lo que su efecto en cada tipo de concreto se puede considerar de menor importancia, sin afectar su durabilidad; ya que el enfoque de la presente tesis de investigación es evaluar la velocidad de corrosión en las barras de acero embebidas en concreto expuesto a zonas de ambiente marino de Buenos Aires, Huanchaco y Salaverry.

5.1.4. PÉRDIDA DE MASA

De acuerdo a la Norma ISO 8407 (2014), se siguieron los procedimientos para eliminar los productos de corrosión formados sobre barras de acero de refuerzo de 3/8" de diámetro con 10 cm de longitud embebidas en probetas de concreto expuestas a los ambientes marinos de Buenos Aires, Huanchaco y Salaverry.

Posteriormente a los 358 días de exposición, se pudo apreciar notoriamente en las barras de acero la herrumbre formada en su superficie, consecuencia de la acción de los iones cloruro presentes en el ambiente marino, que penetraron en el concreto por absorción capilar y destruyeron la capa pasiva protectora del acero durante su exposición, causando corrosión por picado.

De esta forma, el fenómeno de corrosión disminuye la sección original de la barra, ocasionando también una disminución en la masa del acero embebido.

Para determinar la pérdida de masa, se realizó la medida de la masa de cada barra de acero, previamente al inicio de exposición y posteriormente luego de 358 días de exposición.

Analizando la **Tabla 4.37.**, **4.38.** y **4.39.**, podemos observar que, de acuerdo al lugar de exposición, las barras de acero embebidas en concreto expuesto a la zona de Buenos Aires

son las que sufrieron una mayor pérdida de masa, ya que los resultados obtenidos exceden aproximadamente en un 50% a los de la zona con menor agresividad, Salaverry.

Este fenómeno se explica debido a la ubicación en la que se colocaron las probetas, ya que el mar se encuentra alejado de la zona urbana y conduce a una menor velocidad de depósito de cloruros, por lo que se evidencia un entorno atmosférico menos agresivo en comparación a las otras zonas en evaluación.

Asimismo, de acuerdo a la calidad del concreto, existe una mayor pérdida de masa en las barras de acero embebidas en concreto con relación $a/c = 0.65$.

Este fenómeno se explica debido a que un concreto con baja relación agua / cemento, presenta una estructura interna con menor porosidad, que permite contrarrestar los factores medioambientales y el ingreso de agentes agresivos externos, en comparación de concretos con relaciones agua / cemento más elevadas.

En este caso, la corrosión produce descascaramiento y vacíos en la superficie del acero de refuerzo, que al cuantificarse la masa de la barra de acero, se evidencia la pérdida de masa sufrida luego de la exposición al ambiente marino.

5.1.5. VELOCIDAD DE CORROSIÓN

Finalmente, se determinó la velocidad de corrosión en barras de acero embebidas en cada concreto diseñado, bajo los parámetros establecidos en la Norma ISO/TC 156/WG 4 (2014).

Analizando los resultados de velocidad de corrosión en el apartado **4.8.**, se puede apreciar que la menor velocidad de corrosión, de acuerdo al lugar de exposición la tienen las probetas expuestas en la zona de Salaverry.

Este fenómeno se explica debido a la ubicación en la que se colocaron las probetas, ya que el mar se encuentra alejado de la zona urbana y conduce a una menor velocidad de depósito de cloruros, por lo que se evidencia un entorno atmosférico menos agresivo en comparación a las otras zonas en evaluación.

Asimismo, podemos diferenciar notoriamente que la menor velocidad de corrosión, de acuerdo a la calidad del concreto en función a la relación agua / cemento, la tienen las probetas con un concreto $a/c = 0.55$.

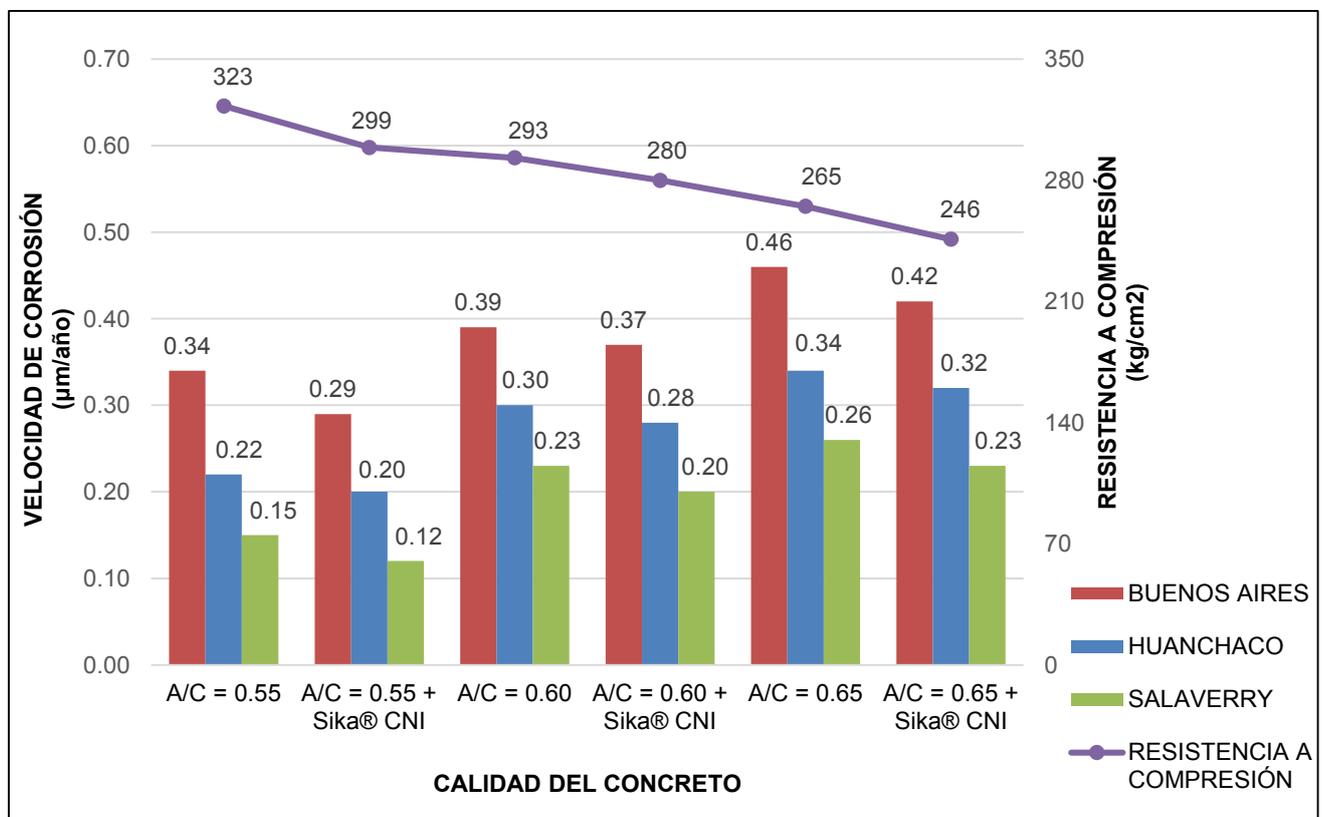
Este fenómeno se explica, debido a que un concreto con baja relación agua / cemento presenta una estructura interna con menor porosidad, que permite contrarrestar los factores medioambientales y el ingreso de agentes agresivos externos, en comparación de concretos con relaciones agua / cemento más elevadas.

El porcentaje de disminución de velocidad de corrosión en concretos con Sika[®] CNI, según la **Tabla 4.40.**, es mayor en la zona de Salaverry, al presentar esta zona el ambiente marino con agentes corrosivos menos agresivo en comparación a las otras zonas de exposición. Del mismo modo, en concretos con relación a/c = 0.55, existe un mayor porcentaje de disminución de velocidad de corrosión, es decir, a una mayor calidad de concreto, se logra una mayor efectividad usando el aditivo inhibidor de corrosión Sika[®] CNI.

Por lo tanto, con la incorporación del aditivo inhibidor de corrosión Sika[®] CNI, lograremos disminuir la velocidad de corrosión en el acero de refuerzo en las zonas de ambiente marino de Buenos Aires, Huanchaco y Salaverry.

Cabe resaltar que los resultados de velocidad de corrosión obtenidos, no son definitivos, debido a que la velocidad de corrosión aumentará en un periodo mayor de tiempo. Este fenómeno se explica ya que una vez iniciado el fenómeno de la corrosión, se propaga y alcanza un estado límite en el que las consecuencias de la corrosión pueden llevar al final de la vida de servicio de la estructura.

Figura 5.1. Comparación de Resultados de Resistencia a Compresión – Velocidad de Corrosión.



Fuente: Los autores (2018).

Es por ello que, según la **Figura 5.1.**, se observa una comparación de los resultados obtenidos de resistencia a compresión y velocidad de corrosión; y se resumen en que, logrando disminuir la velocidad de corrosión implica también una disminución de la resistencia a compresión. La diferencia radica en que si no se controla el fenómeno de corrosión en el acero, a medida que se va formando herrumbre, ésta ejerce presión sobre el concreto que lo rodea, provocando grietas que lo fragilizan, perdiendo sus buenas propiedades mecánicas, es decir, disminuirá de igual manera su resistencia a compresión.

Por lo tanto, es necesario prevenir y evitar daños por corrosión en las estructuras de concreto armado, siendo de vital importancia, la disminución de la velocidad de corrosión en el acero de refuerzo, ya que su resistencia dependerá, tanto de la resistencia del concreto, como de la resistencia de la armadura de acero, cualesquiera de las dos que se deteriore, comprometerá a la estructura como un todo.

5.1.6. ANÁLISIS DE DATOS

Para el Análisis de Datos, se corrobora la hipótesis planteada mediante un análisis estadístico que incluye la prueba de normalidad de datos y la prueba de hipótesis, para cada dato obtenido.

En la Prueba de Normalidad se utilizó la prueba de **SHAPIRO – WILK**, usado para muestras menores a 50. Esta prueba se aplicó a los datos de la variable independiente (velocidad de corrosión), donde se pudo comprobar, según la **Tabla 4.41., 4.42. y 4.43.**, que los datos estaban presentan una distribución normal debido a que su nivel de significancia es mayor a $\alpha = 0.05$ (porcentaje de error en ingeniería) en todas sus dimensiones.

Del mismo modo, una vez comprobada la normalidad de los datos, se procede a realizar la Prueba de Hipótesis, mediante la Prueba **T-STUDENT**, usado cuando se comparan hasta 2 grupos. Esta prueba se aplicó a los datos de la variable independiente (velocidad de corrosión), donde se pudo comprobar, según la **Tabla 4.44., 4.45., 4.46., 4.47., 4.48., 4.49., 4.50., 4.51. y 4.52.**, que los resultados obtenidos presentan diferencia significativa, debido a que su nivel de significancia es menor a 0.05.

Es por ello que, para comprobar la hipótesis planteada, se procede a comparar las medias de cada grupo analizado, con y sin aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI, para cada relación agua/cemento propuesta, tal como se observa en la **Tabla 5.1.**

Finalmente, se demuestra que el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI disminuye la velocidad de corrosión de acero embebido en concreto elaborado con cemento portland tipo I, con relaciones agua/cemento de 0.55, 0.60 y 0.65 en las zonas de Salaverry, Huanchaco y Buenos Aires en el año 2018.

Tabla 5.1. Valores de Significancia y Prueba de Hipótesis

Lugar de Exposición	Relación: A/C	Inhibidor de Corrosión	Media	Sig.	Prueba de Hipótesis	
BUENOS AIRES	0.55	Sin Sika® CNI	0.342	0.008	0.292 < 0.342	Hipótesis Correcta
		Con Sika® CNI	0.292			
	0.60	Sin Sika® CNI	0.389	0.029	0.365 < 0.389	Hipótesis Correcta
		Con Sika® CNI	0.365			
	0.65	Sin Sika® CNI	0.462	0.003	0.419 < 0.462	Hipótesis Correcta
		Con Sika® CNI	0.419			
HUANCHACO	0.55	Sin Sika® CNI	0.222	0.027	0.197 < 0.222	Hipótesis Correcta
		Con Sika® CNI	0.197			
	0.60	Sin Sika® CNI	0.297	0.003	0.279 < 0.297	Hipótesis Correcta
		Con Sika® CNI	0.279			
	0.65	Sin Sika® CNI	0.337	0.025	0.317 < 0.337	Hipótesis Correcta
		Con Sika® CNI	0.317			
SALAVERRY	0.55	Sin Sika® CNI	0.153	0.001	0.116 < 0.153	Hipótesis Correcta
		Con Sika® CNI	0.116			
	0.60	Sin Sika® CNI	0.226	0.019	0.201 < 0.226	Hipótesis Correcta
		Con Sika® CNI	0.201			
	0.65	Sin Sika® CNI	0.260	0.010	0.228 < 0.260	Hipótesis Correcta
		Con Sika® CNI	0.228			

Fuente: Los autores (2018).

5.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS UNITARIOS

Para estimar correctamente la relación costo/beneficio, se consideró importante realizar una evaluación de los costos de los materiales requeridos para la elaboración de cada concreto convencional comparándolos con un concreto con la incorporación del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI.

De esta manera, el concreto con Sika® CNI, excede en S/ 33.00 al costo unitario por m³ para cada tipo de concreto convencional, ya sea con relaciones agua/cemento de 0.55, 0.60 y 0.65; expresado en porcentaje, nos referimos a 7.41%, 7.72% y 7.98% respectivamente para cada concreto.

Sin embargo, el beneficio logrado con Sika® CNI compensaría el costo elevado de este concreto, es decir, si retardamos el proceso de corrosión en las estructuras de concreto armado, se logrará mantener su durabilidad, evitando y sobretodo anticipando gastos innecesarios de reparación ocasionados por la corrosión.

Es por ello que, la integridad de una estructura de concreto armado depende tanto de la calidad de sus componentes como de su dosificación, para lograr las mejores propiedades que garanticen un periodo de vida útil prolongado.

A modo de comparación, se calculó el costo de reparación por m² de concreto en placas, obteniendo un costo de S/ 405.35. Como podemos notar, este sobre costo representa el 90.97%, 94.73% y 98.04% del costo del concreto convencional con relaciones agua/cemento de 0.55, 0.60 y 0.65, respectivamente.

Definitivamente, el uso del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI, le otorga beneficios excelentes al concreto, ya que disminuye la velocidad de corrosión del acero de refuerzo y tiene un costo tentativo que no excede el 10% del costo del concreto convencional.

CONCLUSIONES

- Se logró disminuir la velocidad de corrosión en los especímenes de concreto armado usando el aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI, logrando obtener un porcentaje máximo de 20% para un concreto con relación $a/c = 0.55$, expuesto en la zona de ambiente marino en Salaverry; y un porcentaje mínimo de 5.13% para un concreto con relación $a/c = 0.60$, expuesto en la zona de ambiente marino en Huanchaco.
- Los especímenes de concreto armado con la incorporación del aditivo inhibidor de corrosión Sika® CNI, presentaron una velocidad de corrosión menor a la del concreto convencional. Sin embargo, la menor velocidad de corrosión, la tienen los especímenes con un concreto $a/c = 0.55$, debido a que un concreto con baja relación agua / cemento presenta una estructura interna con menor porosidad, que permite contrarrestar los factores medioambientales y el ingreso de agentes agresivos externos, en comparación de concretos con relaciones agua / cemento más elevadas.
- De acuerdo al lugar de exposición, las probetas expuestas en la zona de Salaverry presentan una menor velocidad de corrosión, debido a la ubicación en la que se colocaron las probetas, ya que el mar se encuentra alejado de la zona urbana y conduce a una menor velocidad de depósito de cloruros, por lo que se evidencia un entorno atmosférico menos agresivo en comparación a las otras zonas en evaluación.
- Definitivamente, la variable más influyente en el proceso de corrosión de los especímenes de concreto armado, es el lugar de exposición, ya que un entorno agresivo, se crea con una gran concentración de iones cloruro en el agua de mar y en el aire salino, de esta manera penetran en el concreto por absorción capilar y se propagan desde la superficie hacia el interior de las estructuras. Sin embargo, la severidad del ataque, no solo depende de la cantidad de estos iones que alcanzan la superficie del acero, sino también de la permeabilidad del concreto, por lo que se exige relaciones agua / cemento reducidas; por lo tanto, la variable relación agua / cemento es también muy importante dentro del proceso de corrosión.
- Finalmente, luego de analizar y discutir los resultados obtenidos, es posible especificar que un concreto expuesto en cualquier ambiente marino que se estudió en la presente tesis de investigación, debe tener una relación agua / cemento de 0.55 o menor para retardar la fase de iniciación del proceso de corrosión y mantener una resistencia a compresión mayor a los 280 kg/cm². De esta manera, garantizamos el período de vida útil proyectado en el diseño de una estructura de concreto armado.

RECOMENDACIONES

En el capítulo anterior, se concluye que es factible incorporar el aditivo Sika[®] CNI como inhibidor de corrosión en concreto armado. Sin embargo, esto puede ser optimizado, recomendando como futuras líneas de investigación lo siguiente:

- Considerar en la investigación, un periodo de exposición del concreto más prolongado en zonas de ambiente marino, con el fin de obtener resultados más estables y con una tendencia más clara.
- Variar las relaciones agua/cemento y proponer una nueva variable como es el recubrimiento del concreto, a modo de establecer una relación directa entre dichas variables y la velocidad de corrosión.
- Alterar las condiciones naturales del medio exposición, por ejemplo, concreto sumergido en agua de mar y estudiar la efectividad de Sika[®] CNI como inhibidor de corrosión en esta nuevo escenario.
- Incorporar un aditivo o adición natural que reemplace a Sika[®] CNI, con el objetivo de disminuir la velocidad de corrosión en el concreto sin afectar su resistencia a compresión.
- Determinar la velocidad de corrosión por un método diferente al gravimétrico, como podría ser un método de análisis electroquímico, que implique usar corriente eléctrica, y comparar con los resultados obtenidos en la presente investigación.
- Evaluar el efecto de corrosión en las propiedades mecánicas del concreto, es decir, en concretos con presencia de daños por corrosión, mediante ensayos que determinen su resistencia a compresión y flexión, para estimar su tiempo de vida útil.

REFERENCIAS

- Aceros Arequipa (2016). *Fierro Corrugado ASTM A615 – Grado 60 / NTP 341.031 – Grado 60*.
Lima, Perú.
- Aguilar, J. (2013). *Influencia del Deterioro por Corrosión del Acero sobre la Realcalinización del Concreto Reforzado Carbonatado*. (Tesis en opción al Grado de Maestro en Ciencias con Orientación en Materiales de Construcción). Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- American Concrete Institute (2002). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. USA.
- American Society for Testing and Materials (2008). *ASTM G15 – O8: Standard Terminology Relating to Corrosion and Corrosion Testing*. West Conshohocken, USA.
- American Society for Testing and Materials (2017). *Especificación Normalizada para Cemento Portland*. West Conshohocken, USA.
- Avendaño, E. (2006). *Detección, Tratamiento y Prevención de Patologías en Sistemas de Concreto Estructural utilizados en Infraestructura Industrial*. (Informe de Trabajo de Graduación para obtener el Grado de Licenciatura en Ingeniería Civil). Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica.
- Bermúdez, M. (2007). *Corrosión de las Armaduras del Hormigón Armado en Ambiente Marino: Zona de Carrera de Mareas y Zona Sumergida*. (Tesis Doctoral). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Cerna, M. & Galicia, W. (2010). *Vida Útil en Estructuras de Concreto Armado desde el punto de Vista de Comportamiento del Material*. (Investigación "Premio Antenor Orrego 2010"). Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.
- Del Valle, A., Pérez, T. & Martínez, M. (2001). *El Fenómeno de la Corrosión en Estructuras de Concreto Reforzado*. (Publicación Técnica). Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Instituto Mexicano del Transporte, México.
- Díaz, I., Pasquel, E., Sotomayor, C. & Baca, W. (2016). *Diagnóstico y Reparación de Estructuras de Concreto Armado atacadas por Corrosión (2)*. Lima, Perú.
- Gómez, K. (2014). *Comportamiento Electroquímico del Acero de Refuerzo en el Hormigón con Adición de Escoria de Cobre bajo un ambiente salino*. (Tesis para optar al título de Ingeniero Civil en Obras Civiles). Escuela de Ingeniería Civil en Obras Civiles. Universidad Austral de Chile.

- González, J. (2011). *Efecto Galvánico en Reparaciones Localizadas: Lechada Alcalinizante y Sustitución Parcial del Acero de Refuerzo*. (Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil). Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Veracruzana, México.
- Herrera, H., Franco M., Miranda J., Hernández, E., Espinoza A. & Fajardo, G. (2015). Gel de Aloe-Vera como potencial Inhibidor de la Corrosión del Acero de Refuerzo Estructural. En *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 6(3). Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Politécnico Nacional UPIBI, Universidad Nacional Autónoma de México & Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2008). *Norma Técnica Peruana 339.046. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2011). *Norma Técnica Peruana 400.017. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. (3.^a ed.). Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2013). *Norma Técnica Peruana 339.184. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2013). *Norma Técnica Peruana 339.185. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2013). *Norma Técnica Peruana 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2013). *Norma Técnica Peruana 400.021. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2013). *Norma Técnica Peruana 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2015). *Norma Técnica Peruana 339.034. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. (4.^a ed.). Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2015). *Norma Técnica Peruana 339.035. CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland*. (4.^a ed.). Lima, Perú.

- International Organization for Standardization (2014). *ISO 8407: Corrosion of metals and alloys – Removal of corrosion products from corrosion test specimens*. Suiza.
- International Organization for Standardization (2014). *ISO/TC 156 /WG 4: Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of Atmospheres – Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity*. Suiza.
- Martínez, F. (2015). *Evaluación de la Influencia del SO₂ como Agente Corrosivo en Estructuras de Concreto*. (Tesis para obtener el Título de Ingeniero Mecánico). Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez, G. (2004). *Problemas Patológicos derivados de la Corrosión del Acero de Refuerzo en Estructuras De Concreto*. (Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil). Instituto Tecnológico de Sonora, México.
- Molina, G. (2010). *Evaluación de la Corrosión del Acero Embebido en Concreto con Adición de Microsílice en Solución Acuosa de Sulfato y Cloruro*. (Tesis para optar al Título de Ingeniero Químico). Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Monzón, P. (2012). *Determinación de la Velocidad de Corrosión en Armaduras Mediante Técnicas Cuantitativas de Análisis Electroquímico*. (Tesis Final de Máster). Universitat Politècnica de Valencia, España.
- Moreno, E. (2008). *Corrosión de Armaduras en Estructuras de Hormigón: Estudio Experimental de la Variación de la Ductilidad en Armaduras Corroídas aplicando el criterio de Acero Equivalente*. (Tesis Doctoral). Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química. Universidad Carlos III de Madrid, España.
- National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) (s.f.). *El Concreto en la Práctica ¿Qué, Por qué y cómo?* USA.
- Oyola, F. (2007). *Corrosión en Metales Expuestos a la Atmósfera en la Zona Industrial de la ciudad de Talara*. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico – Eléctrico). Facultad de Ingeniería. Universidad de Piura, Perú.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos en Tecnología del Concreto en el Perú (2)*. Lima, Perú.
- Perepérez B., Barberá, E. & Andrade C. (1987). La Agresividad Ambiental y la Durabilidad de las Estructuras de Hormigón. En *Informes de la Construcción*, 38(388). Universidad Politécnica de Valencia & Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, España.

- Reyes, R. (2011). *Evaluación Electroquímica de Extractos Vegetales como Inhibidores de Corrosión*. (Tesis para presentar el Examen Demostrativo de la Experiencia Educativa Recepcional del Programa Educativo de Ingeniería Química). Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana, México.
- Rivero, M. (2010). *Evaluación del Sistema Concreto – Refuerzo de Acero utilizando el Equipo Gecor 8™*. (Informe de Pasantía presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de Materiales). Decanato de Estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería de Materiales. Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, Venezuela.
- Salas, J. (2003). *Comportamiento del Hormigón con Inhibidor de Corrosión en el Amasado*. (Tesis para optar al Título de Ingeniero Constructor). Escuela de Construcción Civil. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Austral de Chile.
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero (5)*. Bogotá, Colombia.
- Saura, P. (2011). *Inhibidores en el Inicio y Propagación del Proceso de Corrosión de las Armaduras en el Hormigón Armado*. (Tesis Doctoral). Universidad de Alicante, España.
- Seminario, O. (2003). *Evaluación de la Corrosión en Postes de Concreto Armado de la Urbanización Los Tallanes*. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico – Eléctrico). Programa Académico de Ingeniería Mecánica – Eléctrica. Facultad de Ingeniería. Universidad de Piura, Perú.
- Sika (2015). *Hoja Técnica Sika® CNI*. Lima, Perú.
- Torres, A., Martínez, W., Lomelí, M. & Pérez, A. (2010). *Adiciones en base a cactus como inhibidor de corrosión para acero de refuerzo en concreto*. (Publicación Técnica) Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Instituto Mexicano del Transporte, México.
- Trujillo: Muelle de Huanchaco en riesgo de colapsar. (10 de Setiembre del 2014). Diario Perú 21. Recuperado de <http://peru21.pe/actualidad/libertad-trujillo-huanchaco-2198060>
- Zapata, L. (2008). *Evaluación de la Velocidad de Corrosión inducida por Cloruros en Hormigón Armado con Aditivo por medio de Pulso Galvanostático*. (Tesis para optar al Título Profesional de Magister en Ingeniería de Materiales). Facultad de Ciencias Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

ANEXOS

ANEXO N. °1. CER TIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIO



CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que los Sres. Gerson Miguel Castillo Pinillos y Rohaldo Abidan Ortiz Esquivel, identificados con D.N.I N° 72661221 y N° 46624890 respectivamente, han realizado ensayos de granulometría, absorción, humedad, peso unitario suelto y compactado, peso específico, elaboración de especímenes de concreto y ensayo a compresión de especímenes de concreto en las instalaciones del laboratorio de *Estructuras y Concreto* de esta universidad, requeridos para la tesis *“Evaluación de la Velocidad de Corrosión de Acero Embebido en Concreto, Expuesto en Ambientes Marinos de la Ciudad de Trujillo”*; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 30 de abril del 2018



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

ANEXO N. °2. CONSTANCIA DE PREPARACIÓN DE PROBETAS DE ACERO PARA ENSAYOS DE CORROSIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
ESCUELA DE INGENIERIA DE MATERIALES



CONSTANCIA

Por la presente se hace constar que se ha realizado la preparación de las probetas de acero al carbono (barras cilíndricas corrugadas) para ensayo de corrosión en concreto, en el laboratorio de “Tecnología de los Recubrimientos” de la Universidad Nacional de Trujillo según las siguientes características:

- 1) Método: según la norma ISO 8407
- 2) Probetas: 60 barras corrugadas de acero de bajo carbono (10 cm de largo y 3/8 de pulgada de diámetro)
- 3) Interesados: Gerson Miguel Castillo Pinillos y Rohaldo Abidan Ortiz Esquivel
- 4) Fecha del ensayo: 1 y 2 de febrero del 2017

Para conformidad de esta constancia firma el docente a cargo del Laboratorio de Tecnología de los Recubrimientos.


Santos D. Octaviano Méndez
ING. DE MATERIALES
R. CIP. 143769

Responsable del Laboratorio de Tecnología de los Recubrimientos
Cod. UNT: 5940

Fuente: Laboratorio de Tecnología de Recubrimientos – Universidad Nacional de Trujillo (2017).

**ANEXO N. °3. CONSTANCIA DE ENSAYOS FINALES DE CORROSIÓN EN
PROBETAS DE ACERO**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
ESCUELA DE INGENIERIA DE MATERIALES



CONSTANCIA

Por la presente se hace constar que se ha realizado la limpieza de los productos de corrosión de probetas de acero al carbono (barras cilíndricas corrugadas) incrustadas en concreto armado, así como también el cálculo de la velocidad de corrosión en el laboratorio de “Tecnología de los Recubrimientos” de la Universidad Nacional de Trujillo según las siguientes características:

- 1) Método: según la norma ISO 8407 e ISO 9226.
- 2) Probetas: 60 barras corrugadas de acero de bajo carbono (10 cm de largo y 3/8 de pulgada de diámetro)
- 3) Interesados: Gerson Miguel Castillo Pinillos y Rohaldo Abidan Ortiz Esquivel
- 4) Fecha del ensayo: 9 de febrero del 2018

Para conformidad de esta constancia firma el docente a cargo del Laboratorio de Tecnología de los Recubrimientos.

Santos D. Otiliano Méndez
ING. DE MATERIALES
R. CIR 143769

Responsable del Laboratorio de Tecnología de los Recubrimientos
Cod. UNT: 5940

Fuente: Laboratorio de Tecnología de Recubrimientos – Universidad Nacional de Trujillo (2018).

**ANEXO N. °4. GUÍA DE OBSERVACIÓN – ESPECÍMENES EXPUESTOS
EN BUENOS AIRES**

**GUÍA DE OBSERVACIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO
EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS**

AUTORES: Gerson Miguel Castillo Pinillos
Rohaldo Abidan Ortiz Esquivel

Lugar	Relación: Agua/Cemento	Aditivo Inhibidor de Corrosión	Código de Probeta	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)
BUENOS AIRES	0.55	Sin Sika® CNI	fe-01	101.00	9.525	52.2535	52.2493
			fe-02	101.00	9.525	51.7048	51.6968
			fe-03	99.00	9.525	51.4917	51.4831
		Con Sika® CNI	fe-12	100.20	9.525	51.9290	51.9221
			fe-13	100.00	9.525	52.2964	52.2894
			fe-14	99.75	9.525	51.8769	51.8696
	0.60	Sin Sika® CNI	fe-21	99.70	9.525	51.9921	51.9825
			fe-22	99.60	9.525	51.8611	51.8519
			fe-23	99.50	9.525	51.7253	51.7160
		Con Sika® CNI	fe-32	99.10	9.525	51.2618	51.2528
			fe-33	98.15	9.525	51.1363	51.1278
			fe-34	101.25	9.525	52.4344	52.4255
	0.65	Sin Sika® CNI	fe-41	99.20	9.525	51.6615	51.6506
			fe-42	98.75	9.525	51.4436	51.4326
			fe-43	98.05	9.525	51.1158	51.1046
		Con Sika® CNI	fe-52	99.25	9.525	51.5729	51.5630
			fe-53	99.15	9.525	51.6229	51.6129
			fe-54	98.65	9.525	50.9128	50.9026

Fuente: Los Autores (2018).

**ANEXO N. °5. GUÍA DE OBSERVACIÓN – ESPECÍMENES EXPUESTOS
EN HUANCHACO**

**GUÍA DE OBSERVACIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO
EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS**

AUTORES: Gerson Miguel Castillo Pinillos
Rohaldo Abidan Ortiz Esquivel

Lugar	Relación: Agua/Cemento	Aditivo Inhibidor de Corrosión	Código de Probeta	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)
HUANCHACO	0.55	Sin Sika® CNI	fe-04	100.25	9.525	52.1693	52.1642
			fe-05	98.80	9.525	51.5572	51.5518
			fe-06	99.00	9.525	51.4825	51.4770
		Con Sika® CNI	fe-15	99.30	9.525	51.6990	51.6943
			fe-16	100.15	9.525	52.2127	52.2081
			fe-17	98.50	9.525	51.6098	51.6049
	0.60	Sin Sika® CNI	fe-24	100.30	9.525	52.2748	52.2675
			fe-25	99.40	9.525	51.8165	51.8094
			fe-26	99.00	9.525	51.4116	51.4045
		Con Sika® CNI	fe-35	98.80	9.525	51.4100	51.4033
			fe-36	99.00	9.525	51.6029	51.5963
			fe-37	99.75	9.525	51.9358	51.9290
	0.65	Sin Sika® CNI	fe-44	99.60	9.525	51.9279	51.9196
			fe-45	99.50	9.525	51.9075	51.8993
			fe-46	100.70	9.525	52.3345	52.3265
		Con Sika® CNI	fe-55	100.45	9.525	52.2286	52.2208
			fe-56	99.75	9.525	51.9107	51.9030
			fe-57	100.00	9.525	51.9660	51.9585

Fuente: Los Autores (2018).

**ANEXO N. °6. GUÍA DE OBSERVACIÓN – ESPECÍMENES EXPUESTOS
EN SALAVERRY**

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO
EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS

AUTORES: Gerson Miguel Castillo Pinillos
Rohaldo Abidan Ortiz Esquivel

Lugar	Relación: Agua/Cemento	Aditivo Inhibidor de Corrosión	Código de Probeta	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)
SALAVERRY	0.55	Sin Sika® CNI	fe-07	99.50	9.525	52.0671	52.0633
			fe-08	98.00	9.525	51.0862	51.0825
			fe-09	98.50	9.525	51.1603	51.1568
		Con Sika® CNI	fe-18	99.80	9.525	52.1146	52.1117
			fe-19	98.50	9.525	51.1239	51.1211
			fe-20	99.30	9.525	51.7960	51.7933
	0.60	Sin Sika® CNI	fe-27	98.30	9.525	51.0459	51.0407
			fe-28	99.90	9.525	52.1202	52.1146
			fe-29	99.10	9.525	51.7612	51.7557
		Con Sika® CNI	fe-38	98.40	9.525	51.5595	51.5545
			fe-39	98.35	9.525	51.2461	51.2413
			fe-40	98.65	9.525	51.4550	51.4504
	0.65	Sin Sika® CNI	fe-47	99.05	9.525	51.5746	51.5685
			fe-48	99.85	9.525	52.0213	52.0151
			fe-49	99.20	9.525	51.6832	51.6767
		Con Sika® CNI	fe-58	99.80	9.525	51.8377	51.8320
			fe-59	99.35	9.525	51.8088	51.8033
			fe-60	99.30	9.525	51.6278	51.6225

Fuente: Los Autores (2018).

ANEXO N. °7. CERTIFICADO DE CALIDAD CEMENTO PORTLAND TIPO I



Pacasmayo

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



ISO
9001
Sistema de Gestión de Calidad
Distribución Cementos

Planta: Pacasmayo

Cemento Pórtland Tipo I

G-CC-F-04
Versión 04

Periodo de despacho 01 de Abril de 2018 - 30 de Abril de 2018 16 de mayo de 2018

REQUISITOS NORMALIZADOS
NTP 334.009 Tablas 1 y 3

QUÍMICOS

FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	2.4
SO ₃ (%)	3.0 máx.	2.8
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.1
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.6

	Especificación	Resultado de ensayos
	12 máx.	7
Superficie específica (cm²/g)	2600 mín.	3920
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.08
Densidad (g/mL)	^	3.15
Resistencia a la compresión min. (MPa)		
1 día	^	15.9
3 días	12.0	30.9
7 días	19.0	37.6
28 días ⁽¹⁾	28.0	44.8
Tiempo de fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	113
Final, no mayor que:	375	240

^ No especifica.
⁽¹⁾ Requisito opcional.

La resistencia a 28 días corresponde al mes de Marzo del 2018

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2016.



Ing. Dennis R. Rodas Lavado
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por: Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

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

Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A. (2018).

ANEXO N. °8. NTP 339.185:2013



HOJA TÉCNICA

Sika[®] CNI

Aditivo inhibidor de corrosión.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	<p>Sika[®] CNI es un aditivo inhibidor de corrosión del acero de refuerzo del concreto, en base a nitrito de Calcio. Sika[®] CNI contiene mínimo un 30% de nitrito de calcio en peso y está formulado, para cumplir la Norma ASTM C-494 Tipo C aditivos acelerantes.</p>
USOS	<ul style="list-style-type: none">▪ Sika[®] CNI se recomienda para proteger el acero de refuerzo en concretos convencionales, así como para concretos pre-tensados o post-tensados que serán expuestos a cloruros de los entornos marinos o sales de deshielo.▪ Sika[®] CNI extenderá la vida útil de las estructuras de manera efectiva por la inhibición de la corrosión, en áreas tales como parqueaderos, cubiertas, losas de puentes, estructuras marinas y muchas otras estructuras expuestas a ambientes muy agresivos.▪ Sika[®] CNI también puede ser utilizado en elementos de concreto donde se añaden cloruros inicialmente a la mezcla de concreto, ej: arenas de playa o aditivos.▪ Sika[®] CNI es un aditivo inhibidor de la corrosión que proporciona protección contra la corrosión en estructuras de concreto armado.
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none">▪ Sika[®] CNI no reducirá la penetración de cloruros o de otros agentes agresivos
VENTAJAS/ CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none">▪ En la alta alcalinidad del concreto, en el acero se acumula una capa de pasivación natural. Esta capa protege al acero de la corrosión. Esta capa pasivadora de óxido de hierro, sin embargo puede ser dañada por la presencia de cloruros y combinada con la presencia de la humedad y el oxígeno producirán la corrosión del acero.▪ Sika[®] CNI ayudará a oxidar el acero para formar óxido de hierro, que resiste el ataque del cloruro. Esto reduce las zonas de iones ferrosos que son susceptibles al ataque de cloruros. El óxido ferroso crea un complejo de óxido de hierro (herrumbre), en caso de ataque por cloruros.▪ Sika[®] CNI fortalece la capa del óxido férrico pasivante antes de la penetración de cloruros. Los iones nitrito del Sika[®] CNI convertirá el óxido ferroso a óxido de hierro más resistentes, protegiendo así el acero refuerzo de la corrosión.

Hoja Técnica
Sika[®] CNI
16.06.15, Edición 3

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °9. NTP 339.185:2013

NORMA TÉCNICA **NTP 339.185**
PERUANA **2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para
contenido de humedad total evaporable de agregados por
secado**

CONCRETE. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 566-13 Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2013-08-07
2ª Edición

R.0054-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-08-24 Precio basado en 08 páginas
I.C.S.: 91.100.30 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptores: Agregados, secado, contenido de humedad

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2013

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °10. NTP 400.012:2013

NORMA TÉCNICA **NTP 400.012**
PERUANA **2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado
fino, grueso y global**

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

2013-01-16
3ª Edición

R.0006-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-02-01 Precio basado en 15 páginas
I.C.S.: 91.100.30 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptores: agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis
granulométrico

© INDECOPI 2013

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °12. NTP 400.021:2013

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.021
2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso

AGGREGATES. Standard test method Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of coarse Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 127-2012 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2013-12-26
3ª Edición**

R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16
I.C.S.: 91.100.30

Precio basado en 17 páginas

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado fino; densidad relativa, gravedad específica

© ASTM 2012 - © INDECOPI 2013

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °13. NTP 400.022:2013

NORMA TÉCNICA **NTP 400.022**
PERUANA **2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

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

AGGREGATES. Standard test method Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of
Fine Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 128-2012
Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine
Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA
19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2013-12-26
3ª Edición

R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16 Precio basado en 20 páginas
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptor: absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado
fino; densidad relativa, gravedad específica

© ASTM 2012 - © INDECOPI 2013

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °14. ACI.211.1:2002

This document has been approved for use by agencies of the Department of Defense and for listing in the DoD Index of Specifications and Standards.

Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91) (Reapproved 2002)

Reported by ACI Committee 211

Donald E. Dixon,
Chairman

Jack R. Prestrera,
Secretary

George R. U. Burg,*
Chairman, Subcommittee A

Edward A. Abdun-Nur*
Stanley G. Barton
Leonard W. Bell*
Stanley J. Blas, Jr.
Ramon L. Carrasquillo
Peggy M. Carrasquillo
Alan C. Carter
Marty T. Conrey
James E. Cook
Russel A. Cook*
William A. Cordon
Wayne J. Costa

David A. Crocker
Kenneth W. Day
Calvin L. Dodl
Thomas A. Fox
Donald A. Graham
George W. Hollon
William W. Hotaling, Jr.
Robert S. Jenkins
Paul Klieger
Frank J. Lahm
Stanley H. Lee
Gary R. Mass*

Mark A. Mearing
Richard C. Meininger†
Richard W. Narva
Leo P. Nicholson
James E. Oliverson
James S. Pierce
Sandor Popovics*
Steven A. Ragan
Harry C. Robinson
Jere H. Rose*
James A. Scherocman
James M. Shilstone*

George B. Southworth
Alfred B. Spamer
Paul R. Stodola
Michael A. Taylor
Stanley J. Virgalitte
William H. Voelker
Jack W. Weber*
Dean J. White II
Milton H. Willis, Jr.
Francis C. Wilson
Robert Yuan

Committee Members Voting on 1991 Revision

Gary R. Mass†
Chairman

George R. U. Burg†
Chairman, Subcommittee A

Edward A. **Abdun-Nur†**
William L. **Barringer†**
Stanley G. Barton
Leonard W. **Bell†**
James E. Bennett, Jr.
J. Floyd Best
Ramon L. Carrasquillo
James E. **Cook†**
Russell A. Cook

David A. Crocker
Luis H. Diaz
Donald E. **Dixon†**
Calvin L. Dodl
Thomas A. Fox
George W. Hollon
Tarif M. Jaber
Stephen M. Lanc
Stanley H. Lee

Richard C. **Meininger†**
James E. Oliverson
James S. Pierce
Sandor Popovics
Steven A. Ragan
Jere H. **Rose†**
Donald L. Schlegel
James M. Shilstone, Sr.
Paul R. Stodola

William S. Sypher
Ava Sxyplu
Jimmie L. **Thompson†**
Stanley J. Virgalitte
Woodward L. Vogt
Jack W. Weber
Dean J. White, III
Marshall S. Williams
John R. Wilson

Describes, with examples, two methods for selecting and adjusting proportions for normal weight concrete, both with and without chemical admixtures pozzolanic, and slag materials. One method is based on an estimated weight of the concrete per unit volume; the other is based on calculations of the absolute volume occupied by the concrete ingredients. The procedures take into consideration the requirements for placeability, consistency, strength, and durability. Example calculations are shown for both methods, including adjustments based on the characteristics of the first trial batch.

The proportioning of heavyweight concrete for such purposes as radiation shielding and bridge counterweight structures is described in an appendix. This appendix uses the absolute volume method, which is generally accepted and is more convenient for heavyweight concrete.

There is also an appendix that provides information on the proportioning of mass concrete. The absolute volume method is used because of its general acceptance.

Keywords: absorption; admixtures; aggregates; blast-furnace slag; cementitious materials; concrete durability; concretes; consistency; durability; exposure; fine aggregates; fly ash; heavyweight aggregates; heavy weight concrete mass concrete mix proportioning; pozzolans; quality control; radiation shielding; silica fume; slump tests; volume; water-cement ratio; water-cementitious ratio; workability.

ACI Committee Reports, Guides, Standard Practices, and Commentaries are intended for guidance in designing, planning, executing, or inspecting construction and in preparing specifications. Reference to these documents shall not be made in the Project Documents. If items found in these documents are desired to be part of the Project Documents they should be phrased in mandatory language and incorporated into the Project Documents.

CONTENTS

Chapter 1-Scope, p. 211.1-2

Chapter 2-Introduction, p. 211.1-2

Chapter 3-Basic relationship, p. 211.1-2

Chapter 4-Effects of chemical admixtures, pozzolanic, and other materials on concrete proportions, p. 211.1-4

* Members of Subcommittee A who prepared this standard. The committee acknowledges the significant contribution of William L. Barringer to the work of the subcommittee.

† Members of Subcommittee A who prepared the 1991 revision.

This standard supersedes ACI 211.1-89. It was revised by the Expedited Standardization procedure, effective Nov. 1, 1991. This revision incorporates provisions related to the use of the mineral admixture silica fume in concrete. Chapter 4 has been expanded to cover in detail the effects of the use of silica fume on the proportions of concrete mixtures. Editorial changes have also been made in Chapters 2 through 4, and Chapters 6 through 8.

Copyright © 1991, American Concrete Institute.

All rights reserved including rights of reproduction and use in any form or by any means, including the making of copies by any photo process, or by any electronic or mechanical device, printed, written, or oral, or recording for sound or visual reproduction or for use in any knowledge or retrieval system or device, unless permission in writing is obtained from the copyright proprietors.

211.1-1

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °15. NTP 339.035:2009

NORMA TÉCNICA **NTP 339.035**
PERUANA **2009**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la
medición del asentamiento del concreto de cemento
Portland**

CONCRETE. Standard test method for measure slump of Portland cement concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 143/C143-2008 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2009-12-23
3ª Edición

R.034-2009/INDECOPI-CNB. Publicada el 2010-02-20 Precio basado en 09 páginas
I.C.S.: 91.100.10 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptores: Concreto, cono, consistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °16. NTP 339.046:2008

NORMA TÉCNICA NTP 339.046
PERUANA 2008

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)

CONCRETE. Standard test method for density (unit weight), yield, and air content (gravimetric) of concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C138 / C138M - 08 Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2008-09-03
2ª Edición

R.005-2008/INDECOPI-CNB. Publicada el 2008-09-26 Precio basado en 10 páginas
I.C.S.: 91.100.30 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptores: Contenido de aire, contenido de cemento, concreto, rendimiento relativo, peso unitario, rendimiento, hormigón, método de ensayo, densidad, método gravimétrico

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °17. NTP 339.034:2008

NORMA TÉCNICA	NTP 339.034
PERUANA	2008

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo
normalizado para la determinación de la resistencia a la
compresión del concreto, en muestras cilíndricas**

CONCRETE . Standard Test method for Compressive Strength of cylindrical concrete specimens

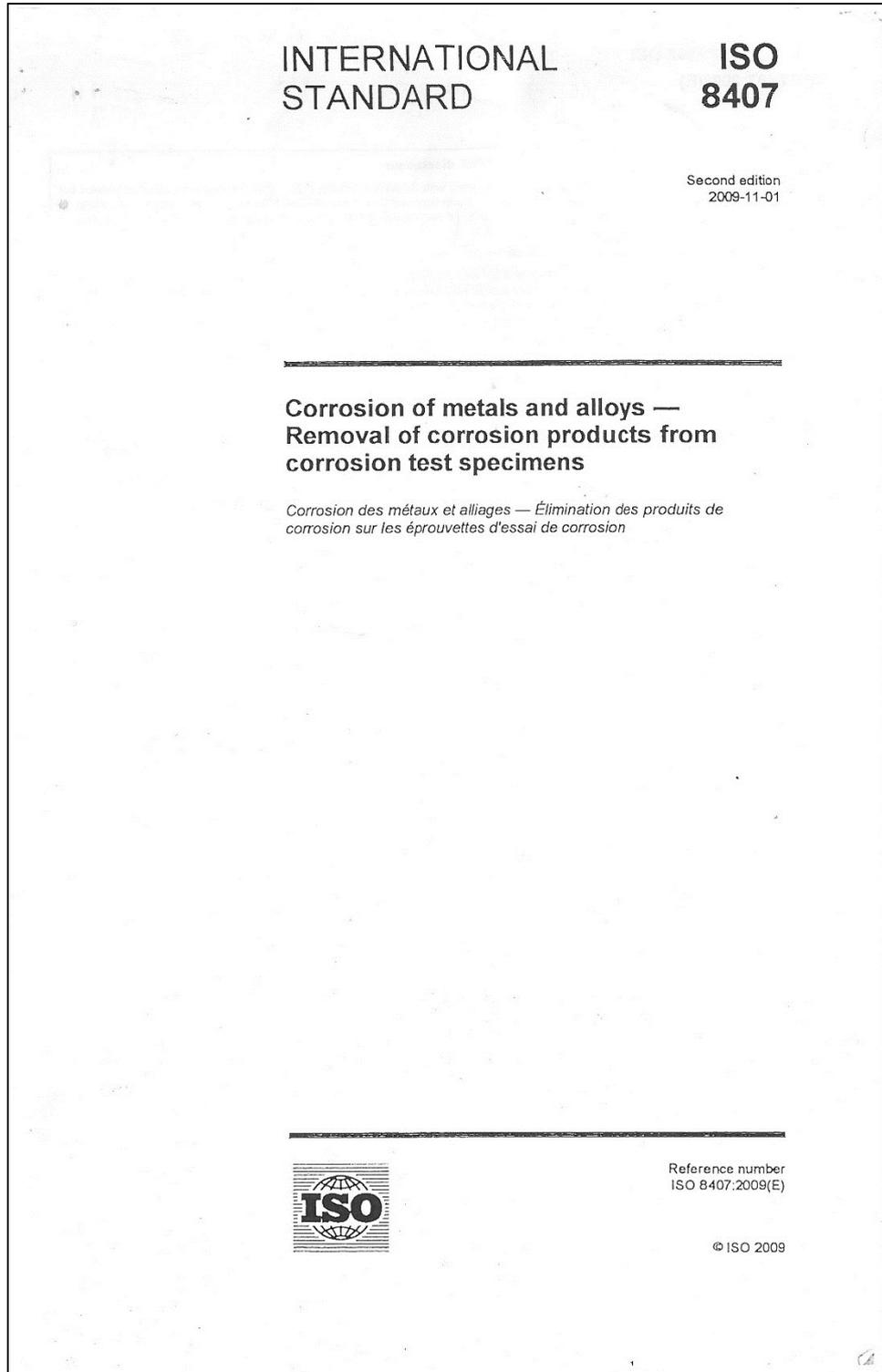
Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C39/C39M-05e1 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. –Reimpreso por autorización de ASTM International

2008-01-02
3ª Edición

R.001-2008/INDECOPI-CRT. Publicada el 2008-01-25 Precio basado en 18 páginas
I.C.S.: 91.100.30 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptores: Hormigón, concreto, resistencia, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °18. ISO 8407:2009



Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °19. ISO ISO/TC 156 /WG 4:2006

© ISO 2002 – All rights reserved

Reference number of working document: **ISO/TC 156 N 483**

Date: 2006-11-29

Reference number of document: **ISO/DIS 9226**

Committee identification: ISO/TC 156 /WG 4

Secretariat: GOST

**Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres —
Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation
of corrosivity**

*Corrosion des métaux et alliages — Corrosivité des atmosphères — Détermination de la vitesse de corrosion
d'éprouvettes de référence pour l'évaluation de la corrosivité*

Warning

This document is not an ISO International Standard. It is distributed for review and comment. It is subject to change without notice and may not be referred to as an International Standard.

Recipients of this draft are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

Document type: International standard
Document subtype: if applicable
Document stage: (20) Preparation
Document language: E

D:\esposos\donato\N483Draft\ISO9226[1].docBasic template BASICEN3 2002-06-01

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °20. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
NTP 339.185: CONTENIDO DE HUMEDAD

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA 3/4"

CANTERA: "TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO S.A.C."

FECHA: 06/01/2017

TESISTAS: - CASTILLO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Peso del Recipiente [g]	85	280	62.5
Peso del Recipiente + Muestra Húmeda [g]	585	780	562.5
Peso del Recipiente + Muestra Seca [g]	582.5	777.5	558.5
Peso de Muestra Húmeda [g]	500	500	500
Peso de Muestra Seca [g]	497.5	497.5	496
% HUMEDAD	0.50	0.50	0.81
% HUMEDAD FINAL	0.60		

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °21. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
NTP 339.185: CONTENIDO DE HUMEDAD

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: AGREGADO FINO - ARENA GRUESA

CANTERA: "TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO S.A.C."

FECHA: 06/01/2017

TESISTAS: - CASTILO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Peso del Recipiente [g]	118.5	147	158
Peso del Recipiente + Muestra Húmeda [g]	1618.5	1647	1658
Peso del Recipiente + Muestra Seca [g]	1609	1644.5	1651
Peso de Muestra Húmeda [g]	1500	1500	1500
Peso de Muestra Seca [g]	1490.5	1497.5	1493
% HUMEDAD	0.64	0.17	0.47
% HUMEDAD FINAL	0.40		

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °22. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
NTP 400.012: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: AGREGADO FINO - ARENA GRUESA

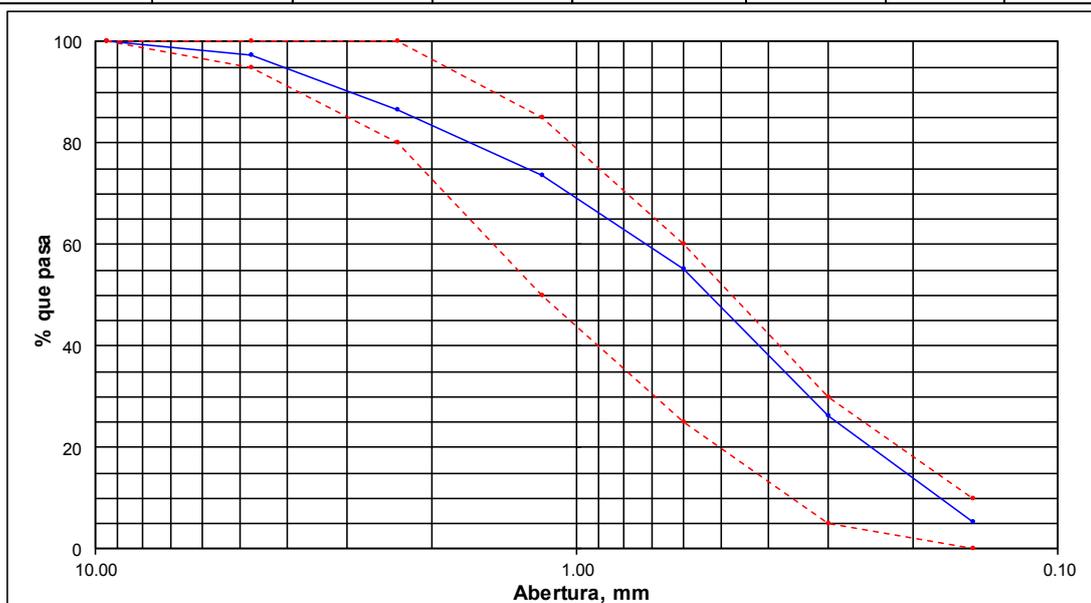
CANTERA: "TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO S.A.C."

FECHA: 06/01/2017

TESISTAS:
- CASTILLO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

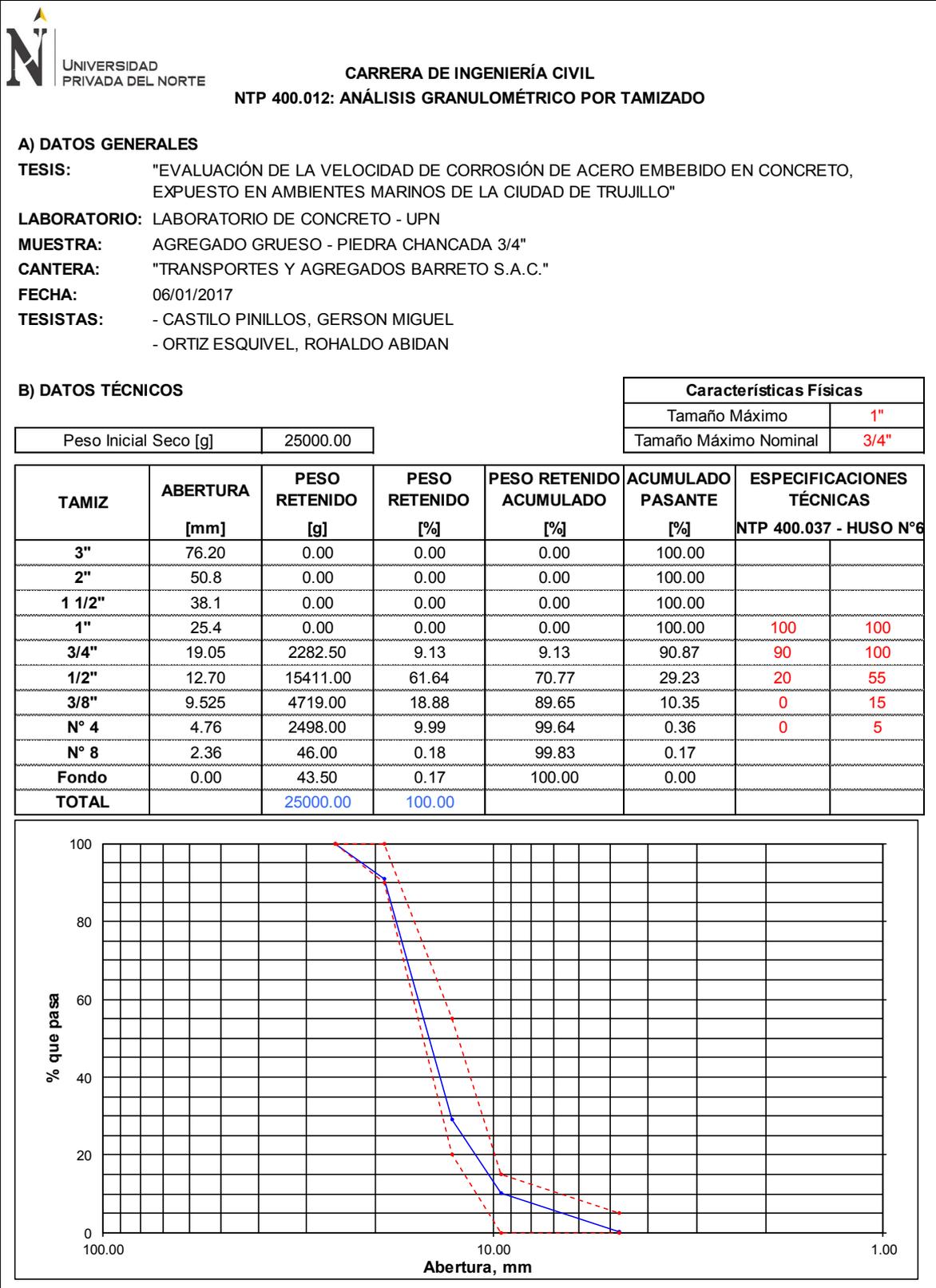
B) DATOS TÉCNICOS

Peso Inicial Seco [g]		10000.00		Características Físicas			
				Módulo de Finura.		2.56	
TAMIZ	ABERTURA [mm]	PESO RETENIDO [g]	PESO RETENIDO [%]	PESO RETENIDO ACUMULADO [%]	ACUMULADO PASANTE [%]	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS NTP 400.037	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
Nº 4	4.75	275.50	2.76	2.76	97.25	95	100
Nº 8	2.36	1082.00	10.82	13.58	86.43	80	100
Nº 16	1.18	1287.00	12.87	26.45	73.56	50	85
Nº 30	0.60	1837.00	18.37	44.82	55.19	25	60
Nº 50	0.30	2901.50	29.02	73.83	26.17	5	30
Nº 100	0.15	2086.00	20.86	94.69	5.31	0	10
Nº 200	0.075	454.50	4.55	99.24	0.77		
Fondo	0.00	76.50	0.77	100.00	0.00		
TOTAL		10000.00	100.00				



Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °23. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO



Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °24. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
NTP 400.017: PESO UNITARIO**

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: AGREGADO FINO - ARENA GRUESA

CANTERA: "TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO S.A.C."

FECHA: 09/01/2017

TESISTAS: - CASTILO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Volumen del Recipiente [m ³]	0.007	0.007	0.007
Peso del Recipiente [kg]	3.34	3.34	3.34

PESO UNITARIO SECO SUELTO (PUSS)			
Peso del Recipiente + Muestra [kg]	14.902	15.186	15.286
Peso de Muestra [kg]	11.562	11.846	11.946
PUSS [kg/m ³]	1651.71	1692.29	1706.57
PUSS FINAL [kg/m³]	1680.00		

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO (PUSC)			
Peso del Recipiente + Muestra [kg]	15.854	15.87	15.834
Peso de Muestra [kg]	12.514	12.53	12.494
PUSC [kg/m ³]	1787.71	1790.00	1784.86
PUSC FINAL [kg/m³]	1790.00		

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °25. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NTP 400.017: PESO UNITARIO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA 3/4"

CANTERA: "TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO S.A.C."

FECHA: 09/01/2017

TESISTAS: - CASTILLO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Volumen del Recipiente [m ³]	0.0142	0.0142	0.0142
Peso del Recipiente [kg]	5.314	5.314	5.314

PESO UNITARIO SECO SUELTO (PUSS)			
Peso del Recipiente + Muestra [kg]	26.444	26.354	26.166
Peso de Muestra [kg]	21.13	21.04	20.852
PUSS [kg/m ³]	1488.03	1481.69	1468.45
PUSS FINAL [kg/m³]	1480.00		

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO (PUSC)			
Peso del Recipiente + Muestra [kg]	28.274	28.51	28.304
Peso de Muestra [kg]	22.96	23.196	22.99
PUSC [kg/m ³]	1616.90	1633.52	1619.01
PUSC FINAL [kg/m³]	1620.00		

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °26. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NTP 400.021: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA 3/4"

CANTERA: "TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO S.A.C."

FECHA: 11/01/2017

TESISTAS: - CASTILO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Peso del Recipiente [g]	211.5	213.5	252.5
Peso del Recipiente + Muestra Seca [g]	2687	2691.5	2728.5
Peso del Recipiente + Muestra Parcialmente Saturada [g]	2724.5	2726.5	2770
A) Peso Muestra Seca [g]	2475.5	2478	2476
B) Peso Muestra Parcialmente Saturada [g]	2513	2513	2517.5
C) Peso Muestra Sumergida [g]	1587	1581	1578
PESO ESPECÍFICO [kg/m ³]	2.67	2.66	2.64
PESO ESPECÍFICO FINAL [kg/m³]	2660		
ABSORCIÓN [%]	1.51	1.41	1.68
ABSORCIÓN FINAL [%]	1.50		

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °27. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NTP 400.022: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: AGREGADO FINO - ARENA GRUESA

CANTERA: "TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO S.A.C."

FECHA: 11/01/2017

TESISTAS: - CASTILO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Peso del Recipiente [g]	85	118.5	62.5
Peso del Recipiente + Muestra Seca [g]	580	607.5	557
Peso del Recipiente + Muestra Parcialmente Saturada [g]	585	613.5	562.5
A) Peso Muestra Seca [g]	495	489	494.5
B) Peso de la Fiola + Agua [g]	621	658.5	668.5
C) Peso de la Fiola + Agua + Muestra [g]	936.5	967	982.5
S) Peso Muestra Parcialmente Saturada [g]	500	495	500
PESO ESPECÍFICO [kg/m ³]	2.68	2.62	2.66
PESO ESPECÍFICO FINAL [kg/m³]	2660		
ABSORCIÓN [%]	1.01	1.23	1.11
ABSORCIÓN FINAL [%]	1.10		

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °28. DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO RELACIÓN A/C = 0.55

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ACI 211: DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO RELACIÓN A/C = 0.55

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

FECHA: 16/01/2017

TESISTAS:
- CASTILLO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUCS (kg/m ³)
Cemento Tipo I	3150	-	-	-	-	-
Agua	1000	-	-	-	-	-
Arena	2660	1.10	0.60	2.56	-	1790
Piedra	2660	1.50	0.40	-	3/4"	1620

CONSIDERACIONES - REQUISITOS DEL CONCRETO

Asentamiento	TMN	Cantidad Agua [L]	Contenido Aire [%]	Relación a/c	Cemento [kg]	Factor A. G.
6" - 7"	3/4"	216	2.0	0.55	393	0.644

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO

Materiales	Peso Seco [kg]	Volumen [m ³]	Aporte Agua [L]	Corrección Peso (kg)	Peso Húmedo [kg]	TANDA [175 L]
Cemento Tipo I	393	0.1248	-	-	393	68.78
Agua	216	0.2160	-	-	231	40.43
Arena	657	0.2467	-3.29	661	661	115.68
Piedra	1044	0.3925	-11.49	1049	1049	183.58
Aire	2%	0.0200	-	-	2%	-
Total	2310	1.0000	-	-	2334	408.45

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °29. DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO RELACIÓN A/C = 0.55 + SIKA ® CNI

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ACI 211: DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO RELACIÓN A/C = 0.55 + SIKA® CNI

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

FECHA: 16/01/2017

TESISTAS:
- CASTILLO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUCS (kg/m ³)
Cemento Tipo I	3150	-	-	-	-	-
Agua	1000	-	-	-	-	-
Arena	2660	1.10	0.60	2.56	-	1790
Piedra	2660	1.50	0.40	-	3/4"	1620

CONSIDERACIONES - REQUISITOS DEL CONCRETO

Asentamiento	TMN	Cantidad Agua [L]	Contenido Aire [%]	Relación a/c	Cemento [kg]	Factor A. G.
6" - 7"	3/4"	216	2.0	0.55	393	0.644

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO

Materiales	Peso Seco [kg]	Volumen [m ³]	Aporte Agua [L]	Corrección Peso (kg)	Peso Húmedo [kg]	TANDA [175 L]
Cemento Tipo I	393	0.1248	-	-	393	68.78
Agua	210.4	0.2104	-	-	226	39.55
Sika® CNI	7	0.0056			7	1.23
Arena	657	0.2467	-3.29	661	661	115.68
Piedra	1044	0.3925	-11.49	1049	1049	183.58
Aire	2%	0.0200	-	-	2%	-
Total	2311.4	1.0000	-	-	2336	408.80

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °30. DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO RELACIÓN A/C = 0.60

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ACI 211: DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO RELACIÓN A/C = 0.60

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

FECHA: 17/01/2017

TESISTAS:
- CASTILLO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUCS (kg/m ³)
Cemento Tipo I	3150	-	-	-	-	-
Agua	1000	-	-	-	-	-
Arena	2660	1.10	0.60	2.56	-	1790
Piedra	2660	1.50	0.40	-	3/4"	1620

CONSIDERACIONES - REQUISITOS DEL CONCRETO

Asentamiento	TMN	Cantidad Agua [L]	Contenido Aire [%]	Relación a/c	Cemento [kg]	Factor A. G.
6" - 7"	3/4"	216	2.0	0.60	360	0.644

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO

Materiales	Peso Seco [kg]	Volumen [m ³]	Aporte Agua [L]	Corrección Peso (kg)	Peso Húmedo [kg]	TANDA [175 L]
Cemento Tipo I	360	0.1143	-	-	360	63.00
Agua	216	0.2160	-	-	231	40.43
Arena	685	0.2572	-3.43	690	690	120.75
Piedra	1044	0.3925	-11.49	1049	1049	183.58
Aire	2%	0.0200	-	-	2%	-
Total	2305	1.0000	-	-	2330	407.75

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °31. DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO RELACIÓN A/C = 0.60 + SIKA® CNI

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ACI 211: DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO RELACIÓN A/C = 0.60 + SIKA® CNI

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

FECHA: 17/01/2017

TESISTAS:
- CASTILLO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUCS (kg/m ³)
Cemento Tipo I	3150	-	-	-	-	-
Agua	1000	-	-	-	-	-
Arena	2660	1.10	0.60	2.56	-	1790
Piedra	2660	1.50	0.40	-	3/4"	1620

CONSIDERACIONES - REQUISITOS DEL CONCRETO

Asentamiento	TMN	Cantidad Agua [L]	Contenido Aire [%]	Relación a/c	Cemento [kg]	Factor A. G.
6" - 7"	3/4"	216	2.0	0.60	360	0.644

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO

Materiales	Peso Seco [kg]	Volumen [m ³]	Aporte Agua [L]	Corrección Peso (kg)	Peso Húmedo [kg]	TANDA [175 L]
Cemento Tipo I	360	0.1143	-	-	360	63.00
Agua	210.4	0.2104	-	-	226	39.55
Sika® CNI	7	0.0056			7	1.23
Arena	685	0.2572	-3.43	690	690	120.75
Piedra	1044	0.3925	-11.49	1049	1049	183.58
Aire	2%	0.0200	-	-	2%	-
Total	2306.4	1.0000	-	-	2332	408.10

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °32. DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO RELACIÓN A/C = 0.65

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ACI 211: DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO RELACIÓN A/C = 0.65

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

FECHA: 18/01/2017

TESISTAS: - CASTILLO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUCS (kg/m ³)
Cemento Tipo I	3150	-	-	-	-	-
Agua	1000	-	-	-	-	-
Arena	2660	1.10	0.60	2.56	-	1790
Piedra	2660	1.50	0.40	-	3/4"	1620

CONSIDERACIONES - REQUISITOS DEL CONCRETO

Asentamiento	TMN	Cantidad Agua [L]	Contenido Aire [%]	Relación a/c	Cemento [kg]	Factor A. G.
6" - 7"	3/4"	216	2.0	0.65	333	0.644

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO

Materiales	Peso Seco [kg]	Volumen [m ³]	Aporte Agua [L]	Corrección Peso (kg)	Peso Húmedo [kg]	TANDA [175 L]
Cemento Tipo I	333	0.1058	-	-	333	58.28
Agua	216	0.2160	-	-	232	40.60
Arena	707	0.2657	-3.54	712	712	124.60
Piedra	1044	0.3925	-11.49	1049	1049	183.58
Aire	2%	0.0200	-	-	2%	-
Total	2300	1.0000	-	-	2326	407.05

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °33. DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO RELACIÓN A/C = 0.65 + SIKA ® CNI

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ACI 211: DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO RELACIÓN A/C = 0.65 + SIKA® CNI

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

FECHA: 18/01/2017

TESISTAS:
- CASTILO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUCS (kg/m ³)
Cemento Tipo I	3150	-	-	-	-	-
Agua	1000	-	-	-	-	-
Arena	2660	1.10	0.60	2.56	-	1790
Piedra	2660	1.50	0.40	-	3/4"	1620

CONSIDERACIONES - REQUISITOS DEL CONCRETO

Asentamiento	TMN	Cantidad Agua [L]	Contenido Aire [%]	Relación a/c	Cemento [kg]	Factor A. G.
6" - 7"	3/4"	216	2.0	0.65	333	0.644

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO

Materiales	Peso Seco [kg]	Volumen [m ³]	Aporte Agua [L]	Corrección Peso (kg)	Peso Húmedo [kg]	TANDA [175 L]
Cemento Tipo I	333	0.1058	-	-	333	58.28
Agua	210.4	0.2104	-	-	226	39.55
Sika® CNI	7	0.0056			7	1.23
Arena	707	0.2657	-3.54	712	712	124.60
Piedra	1044	0.3925	-11.49	1049	1049	183.58
Aire	2%	0.0200	-	-	2%	-
Total	2301.4	1.0000	-	-	2327	407.23

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °34. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
NTP 339.035: ASENTAMIENTO DEL CONCRETO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

FECHA: 19 - 23 /01 /2017

TESISTAS: - CASTILO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	SLUMP
Concreto A/C = 0.55	7"
Concreto A/C = 0.55 + Sika® CNI	7"
Concreto A/C = 0.60	8"
Concreto A/C = 0.60 + Sika® CNI	7"
Concreto A/C = 0.65	7"
Concreto A/C = 0.65 + Sika® CNI	7"

Fuente: Los autores (2018).

**ANEXO N. °35. PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO EN ESTADO
FRESCO.**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

NTP 339.046: PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

MUESTRA: AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA 3/4"

CANTERA: "TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO S.A.C."

FECHA: 19 - 23 /01 /2017

TESISTAS: - CASTILO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	CALIDAD DEL CONCRETO					
	A/C = 0.55	A/C = 0.55 + Sika® CNI	A/C = 0.60	A/C = 0.60 + Sika® CNI	A/C = 0.65	A/C = 0.65 + Sika® CNI
Volumen del Recipiente [m ³]	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
Peso del Recipiente [kg]	16.545	16.600	16.626	16.642	16.446	16.522
PESO UNITARIO [kg/m³]	2360	2370	2380	2390	2350	2360
CONTENIDO DE AIRE [%]	0.90	0.80	1.30	1.20	1.30	1.20

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °36. TEMPERATURA DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
NTP 339.184: TEMPERATURA DEL CONCRETO

A) DATOS GENERALES

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE ACERO EMBEBIDO EN CONCRETO, EXPUESTO EN AMBIENTES MARINOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

LABORATORIO: LABORATORIO DE CONCRETO - UPN

FECHA: 19 - 23 /01 /2017

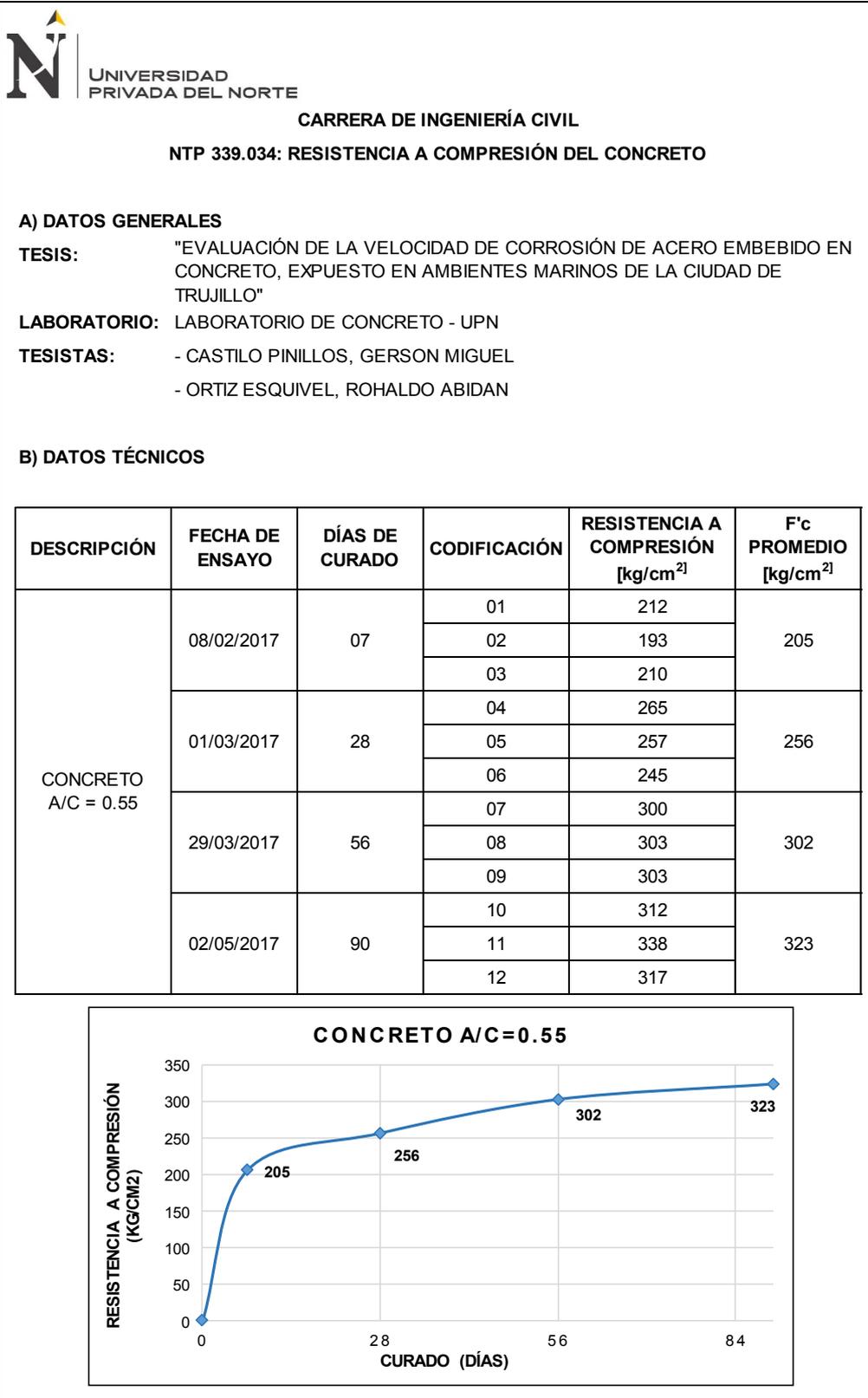
TESISTAS: - CASTILO PINILLOS, GERSON MIGUEL
- ORTIZ ESQUIVEL, ROHALDO ABIDAN

B) DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA
Concreto A/C = 0.55	28.5° C.
Concreto A/C = 0.55 + Sika® CNI	28.5° C.
Concreto A/C = 0.60	28.5° C.
Concreto A/C = 0.60 + Sika® CNI	28.0° C.
Concreto A/C = 0.65	28.0° C.
Concreto A/C = 0.65 + Sika® CNI	28.0° C.

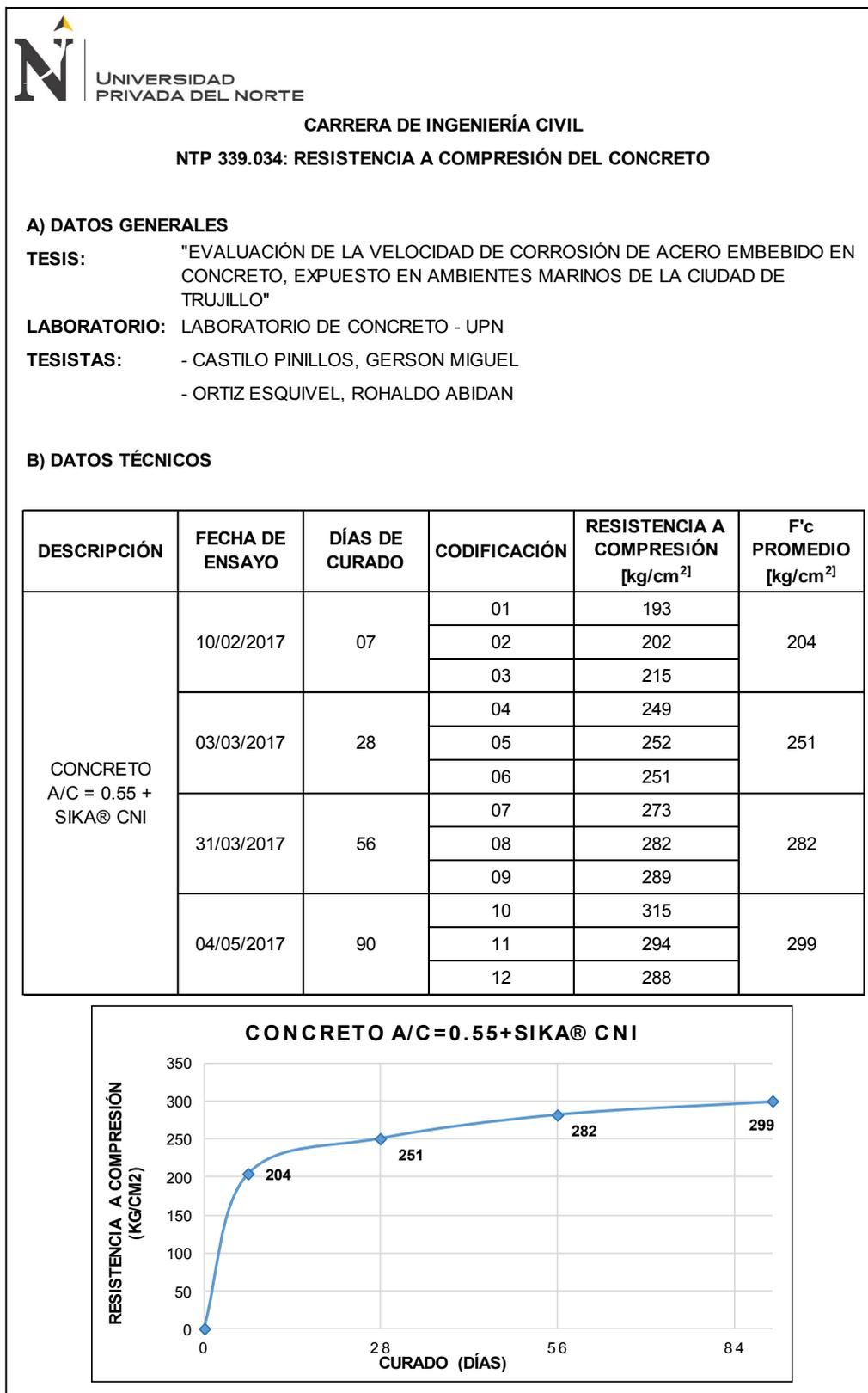
Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °37. RESISTENCIA A COMPRESIÓN CONCRETO A/C = 0.55.



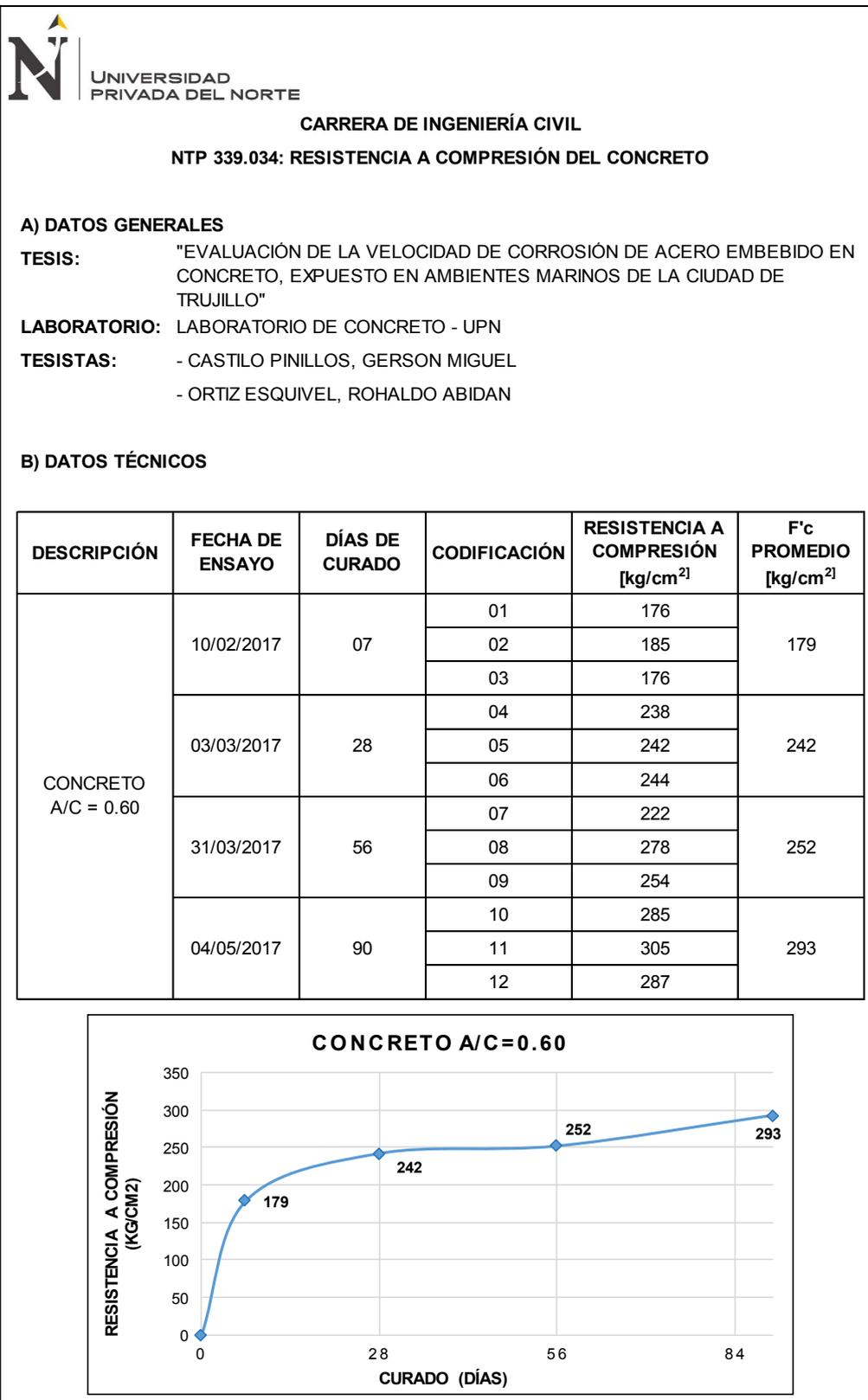
Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °38. RESISTENCIA A COMPRESIÓN CONCRETO A/C = 0.55 + SIKA ® CNI.



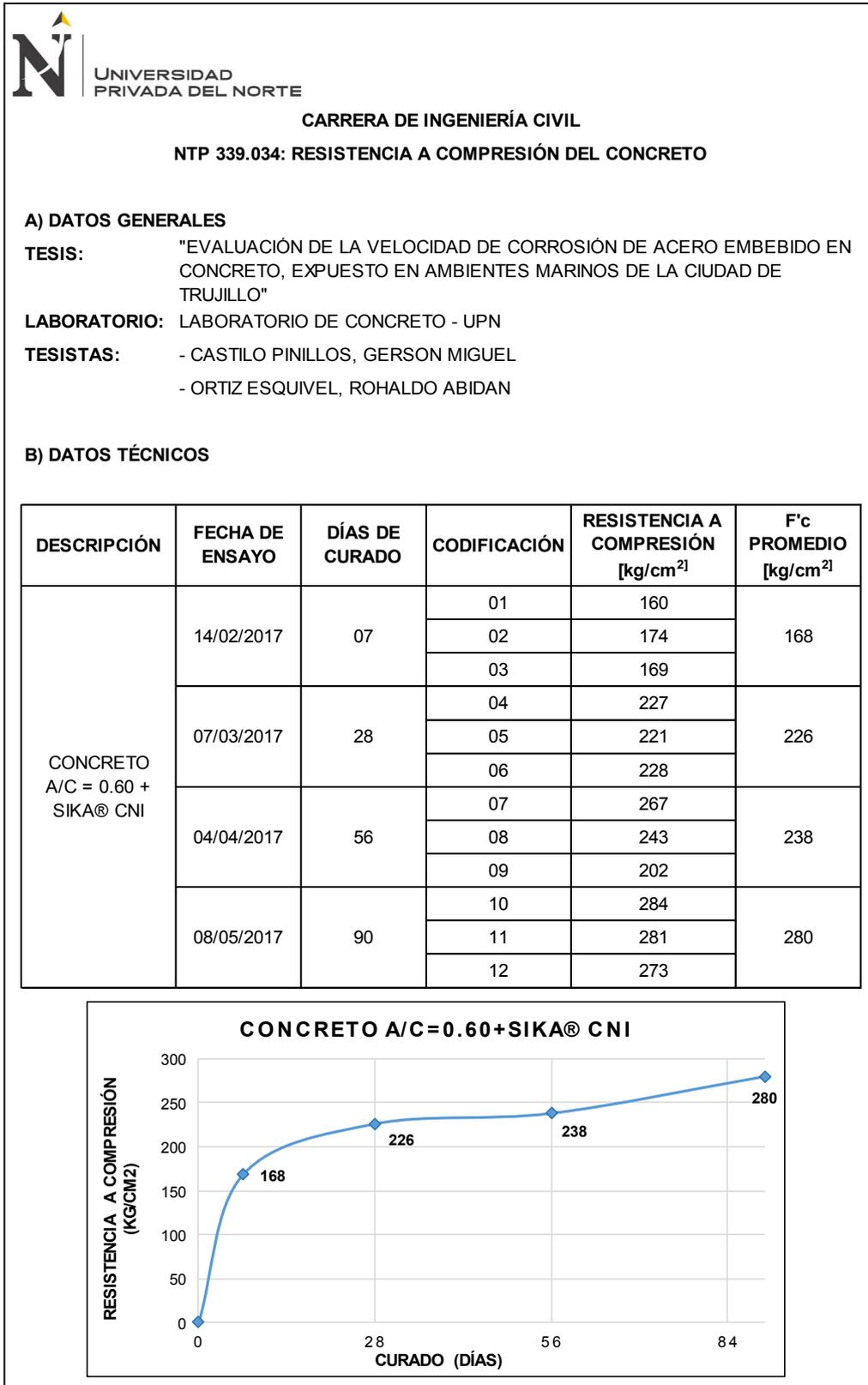
Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °39. RESISTENCIA A COMPRESIÓN CONCRETO A/C = 0.60.



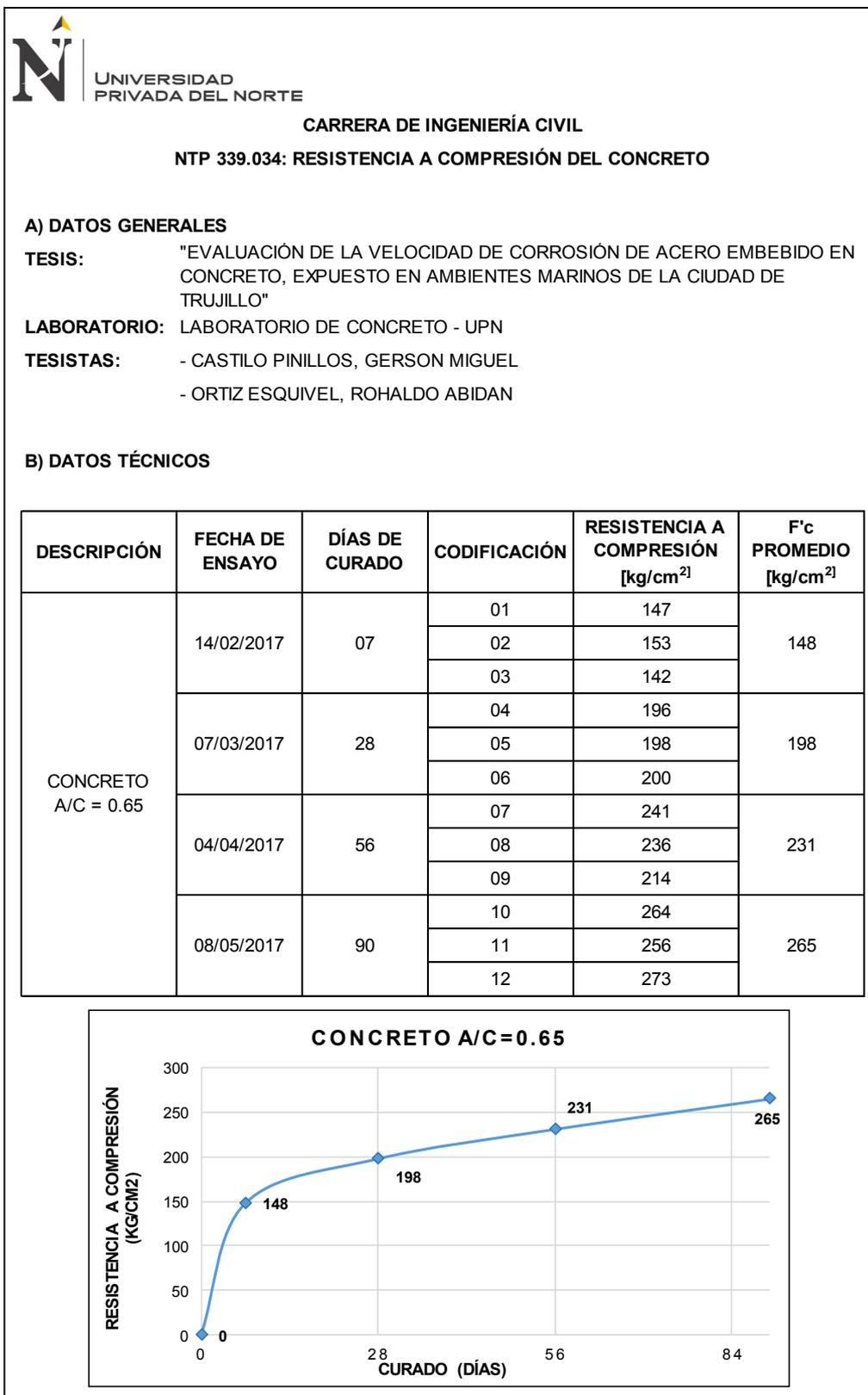
Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °40. RESISTENCIA A COMPRESIÓN CONCRETO A/C = 0.60 + SIKA ® CNI.



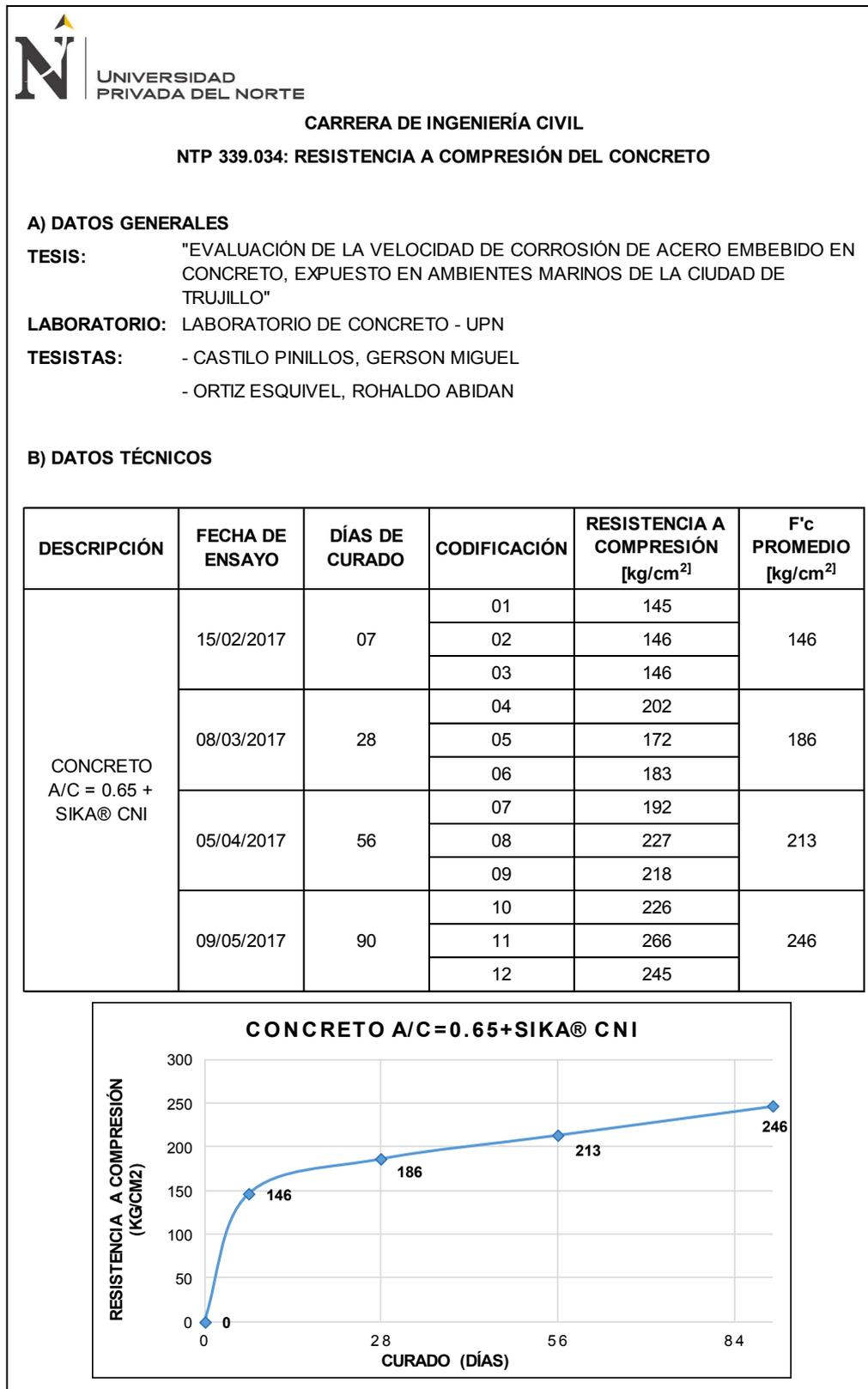
Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °41. RESISTENCIA A COMPRESIÓN CONCRETO A/C = 0.65.



Fuente: Los autores (2018).

ANEXO N. °42. RESISTENCIA A COMPRESIÓN CONCRETO A/C = 0.65 + SIKA ® CNI.



Fuente: Los autores (2018).

**ANEXO N. °43. RESULTADOS DE VELOCIDAD DE CORROSIÓN EN PROBETAS DE ACERO
EMBEBIDAS EN CONCRETO ARMADO, EXPUESTAS EN HUANCHACO.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
ESCUELA DE INGENIERIA DE MATERIALES



TABLA N° 01: Resultado de la Velocidad de Corrosión de las probetas de Acero de Bajo Carbono incrustadas en concreto armado, expuestas en Huanchaco

Lugar	Relación: Agua/Cemento	Aditivo-Inhibidor	Código de Probeta	Altura (mm)	diámetro (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de Masa (g)	Área (m ²)	Tiempo (años)	Velocidad de Corrosión (g/(m ² .año))	Velocidad de Corrosión (µm/año)
HUANCHACO	0.55	SIN ADITIVO INHIBIDOR	Fe-04	100.25	9.525	52.1693	52.1642	0.0051	0.003142	0.980822	1.65	0.21
			Fe-05	98.80	9.525	51.5572	51.5518	0.0054	0.003099	0.980822	1.78	0.23
			Fe-06	99.00	9.525	51.4825	51.4770	0.0055	0.003105	0.980822	1.81	0.23
		CON ADITIVO INHIBIDOR	Fe-15	99.3	9.525	51.6990	51.6943	0.0047	0.003114	0.980822	1.54	0.20
			Fe-16	100.15	9.525	52.2127	52.2081	0.0046	0.003139	0.980822	1.49	0.19
			Fe-17	98.50	9.525	51.6098	51.6049	0.0049	0.003090	0.980822	1.62	0.21
	0.60	SIN ADITIVO INHIBIDOR	Fe-24	100.30	9.525	52.2748	52.2675	0.0073	0.003144	0.980822	2.37	0.30
			Fe-25	99.40	9.525	51.8165	51.8094	0.0071	0.003117	0.980822	2.32	0.30
			Fe-26	99.00	9.525	51.4116	51.4045	0.0071	0.003105	0.980822	2.33	0.30
		CON ADITIVO INHIBIDOR	Fe-35	98.80	9.525	51.4100	51.4033	0.0067	0.003099	0.980822	2.20	0.28
			Fe-36	99.00	9.525	51.6029	51.5963	0.0066	0.003105	0.980822	2.17	0.28
			Fe-37	99.75	9.525	51.9358	51.9290	0.0068	0.003127	0.980822	2.22	0.28
	0.65	SIN ADITIVO INHIBIDOR	Fe-44	99.60	9.525	51.9279	51.9196	0.0083	0.003123	0.980822	2.71	0.34
			Fe-45	99.50	9.525	51.9075	51.8993	0.0082	0.003120	0.980822	2.68	0.34
			Fe-46	100.70	9.525	52.3345	52.3265	0.008	0.003156	0.980822	2.58	0.33
		CON ADITIVO INHIBIDOR	Fe-55	100.45	9.525	52.2286	52.2208	0.0078	0.003148	0.980822	2.53	0.32
			Fe-56	99.75	9.525	51.9107	51.9030	0.0077	0.003127	0.980822	2.51	0.32
			Fe-57	100.00	9.525	51.9660	51.9585	0.0075	0.003135	0.980822	2.44	0.31


Santos D. Otiniano Méndez
ING. DE MATERIALES
R. CIP. 143769

Fuente: Laboratorio de Tecnología de Recubrimientos – Universidad Nacional de Trujillo (2018).

**ANEXO N. °44. RESULTADOS DE VELOCIDAD DE CORROSIÓN EN PROBETAS DE ACERO
EMBEBIDAS EN CONCRETO ARMADO, EXPUESTAS EN BUENOS AIRES.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
ESCUELA DE INGENIERIA DE MATERIALES



TABLA N° 02: Resultado de la Velocidad de Corrosión de las probetas de Acero de Bajo Carbono incrustadas en concreto armado, expuestas en Buenos Aires

Lugar	Relación: Agua/Cemento	Aditivo- Inhibidor	Código de Probeta	Altura (mm)	diámetro (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de Masa (g)	Área (m ²)	Tiempo (años)	Velocidad de Corrosión (g/m ² .año))	Velocidad de Corrosión (µm/año)
BUENOS AIRES	0.55	SIN ADITIVO INHIBIDOR	Fe-01	101.00	9.525	52.2575	52.2493	0.0082	0.003165	0.980822	2.64	0.34
			Fe-02	100.00	9.525	51.7048	51.6968	0.008	0.003135	0.980822	2.60	0.33
			Fe-03	99.00	9.525	51.4917	51.4831	0.0086	0.003105	0.980822	2.82	0.36
		CON ADITIVO INHIBIDOR	Fe-12	100.20	9.525	51.9290	51.9221	0.0069	0.003141	0.980822	2.24	0.28
			Fe-13	100.00	9.525	52.2964	52.2894	0.0070	0.003135	0.980822	2.28	0.29
			Fe-14	99.75	9.525	51.8769	51.8696	0.0073	0.003127	0.980822	2.38	0.30
	0.60	SIN ADITIVO INHIBIDOR	Fe-21	99.70	9.525	51.9921	51.9825	0.0096	0.003126	0.980822	3.13	0.40
			Fe-22	99.60	9.525	51.8611	51.8519	0.0092	0.003123	0.980822	3.00	0.38
			Fe-23	99.50	9.525	51.7253	51.7160	0.0093	0.003120	0.980822	3.04	0.39
		CON ADITIVO INHIBIDOR	Fe-32	99.10	9.525	51.2618	51.2528	0.0090	0.003108	0.980822	2.95	0.38
			Fe-33	98.15	9.525	51.1363	51.1278	0.0085	0.003080	0.980822	2.81	0.36
			Fe-34	101.25	9.525	52.4344	52.4255	0.0089	0.003172	0.980822	2.86	0.36
	0.65	SIN ADITIVO INHIBIDOR	Fe-41	99.20	9.525	51.6615	51.6506	0.0109	0.003111	0.980822	3.57	0.45
			Fe-42	98.75	9.525	51.4436	51.4326	0.011	0.003097	0.980822	3.62	0.46
Fe-43			98.05	9.525	51.1158	51.1046	0.0112	0.003077	0.980822	3.71	0.47	
CON ADITIVO INHIBIDOR		Fe-52	99.25	9.525	51.5729	51.5630	0.0099	0.003112	0.980822	3.24	0.41	
		Fe-53	99.15	9.525	51.6229	51.6129	0.01	0.003109	0.980822	3.28	0.42	
		Fe-54	98.65	9.525	50.9128	50.9026	0.0102	0.003094	0.980822	3.36	0.43	


Otiliano D. Otiliano Méndez
ING. DE MATERIALES
R. CIP. 143769

Fuente: Laboratorio de Tecnología de Recubrimientos – Universidad Nacional de Trujillo (2018).

**ANEXO N. °45. RESULTADOS DE VELOCIDAD DE CORROSIÓN EN PROBETAS DE ACERO
EMBEBIDAS EN CONCRETO ARMADO, EXPUESTAS EN SALAVERRY.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
ESCUELA DE INGENIERIA DE MATERIALES



TABLA N° 03: Resultado de la Velocidad de Corrosión de las probetas de Acero de Bajo Carbono incrustadas en concreto armado, expuestas en Salaverry

Lugar	Relación: Agua/Cemento	Aditivo-Inhibidor	Código de Probeta	Altura (mm)	diámetro (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de Masa (g)	Área (m ²)	Tiempo (años)	Velocidad de Corrosión (g/(m ² .año))	Velocidad de Corrosión (µm/año)
SALAVERRY	0.55	SIN ADITIVO INHIBIDOR	Fe-07	99.50	9.525	52.0671	52.0633	0.0038	0.003120	0.980822	1.24	0.16
			Fe-08	98.00	9.525	51.0862	51.0825	0.0037	0.003075	0.980822	1.23	0.16
			Fe-09	98.50	9.525	51.1603	51.1568	0.0035	0.003090	0.980822	1.15	0.15
		CON ADITIVO INHIBIDOR	Fe-18	99.80	9.525	52.1146	52.1117	0.0029	0.003129	0.980822	0.94	0.12
			Fe-19	98.50	9.525	51.1239	51.1211	0.0028	0.003090	0.980822	0.92	0.12
			Fe-20	99.30	9.525	51.7960	51.7933	0.0027	0.003114	0.980822	0.88	0.11
	0.60	SIN ADITIVO INHIBIDOR	Fe-27	98.30	9.525	51.0459	51.0407	0.0052	0.003084	0.980822	1.72	0.22
			Fe-28	99.90	9.525	52.1202	52.1146	0.0056	0.003132	0.980822	1.82	0.23
			Fe-29	99.10	9.525	51.7612	51.7557	0.0055	0.003108	0.980822	1.80	0.23
		CON ADITIVO INHIBIDOR	Fe-38	98.40	9.525	51.5595	51.5545	0.0050	0.003087	0.980822	1.65	0.21
			Fe-39	98.35	9.525	51.2461	51.2413	0.0048	0.003086	0.980822	1.59	0.20
			Fe-40	98.65	9.525	51.4550	51.4504	0.0046	0.003094	0.980822	1.52	0.19
	0.65	SIN ADITIVO INHIBIDOR	Fe-47	99.05	9.525	51.5746	51.5685	0.0061	0.003106	0.980822	2.00	0.25
			Fe-48	99.85	9.525	52.0213	52.0151	0.0062	0.003130	0.980822	2.02	0.26
			Fe-49	99.20	9.525	51.6832	51.6767	0.0065	0.003111	0.980822	2.13	0.27
		CON ADITIVO INHIBIDOR	Fe-58	99.80	9.525	51.8377	51.8320	0.0057	0.003129	0.980822	1.86	0.24
			Fe-59	99.35	9.525	51.8088	51.8033	0.0055	0.003115	0.980822	1.80	0.23
			Fe-60	99.30	9.525	51.6278	51.6225	0.0053	0.003114	0.980822	1.74	0.22


Antonio D. Otiliano Méndez
 ING. DE MATERIALES
 R. CIP 143769

Fuente: Laboratorio de Tecnología de Recubrimientos – Universidad Nacional de Trujillo (2018).

**ANEXO N. °46. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO EN PLACAS,
RELACIÓN A/C = 0.55.**

PARTIDA: CONCRETO EN PLACAS, RELACIÓN A/C = 0.55					
UNIDAD: m ³	RENDIMIENTO: 10 m ³ /día	Costo unitario directo por : m ³ 445.58			
Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	20.43	32.69
OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	16.45	26.32
PEON	hh	10.0000	8.0000	14.76	118.08
					177.09
Materiales					
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m ³		0.7054	30.00	21.16
ARENA GRUESA	m ³		0.3911	30.00	11.73
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bls		9.2471	23.40	216.38
AGUA	m ³		0.2310	5.00	1.16
					250.43
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	177.09	5.31
MEZCLADORA DE CONCRETO 11P3 - 18HP	hm	1.0000	0.8000	10.56	8.45
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP	hm	1.0000	0.8000	5.37	4.30
					18.06

Fuente: Los Autores (2018).

**ANEXO N. °47. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO EN PLACAS,
RELACIÓN A/C = 0.55 + SIKA® CNI.**

PARTIDA: CONCRETO EN PLACAS, RELACIÓN A/C = 0.55 + SIKA® CNI					
UNIDAD: m ³	RENDIMIENTO: 10 m ³ /día	Costo unitario de materiales por : m ³		478.60	
Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	20.43	32.69
OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	16.45	26.32
PEON	hh	10.0000	8.0000	14.76	118.08
					177.09
Materiales					
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m ³		0.7054	30.00	21.16
ARENA GRUESA	m ³		0.3911	30.00	11.73
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.2471	23.40	216.38
AGUA	m ³		0.2260	5.00	1.13
SIKA® CNI	lts		5.6000	5.90	33.04
					283.45
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	177.09	5.31
MEZCLADORA DE CONCRETO 11P3 - 18HP	hm	1.0000	0.8000	10.56	8.45
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP	hm	1.0000	0.8000	5.37	4.30
					18.06

Fuente: Los Autores (2018).

**ANEXO N. °48. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO EN PLACAS,
RELACIÓN A/C = 0.60.**

PARTIDA: CONCRETO EN PLACAS, RELACIÓN A/C = 0.60					
UNIDAD: m ³	RENDIMIENTO: 10 m ³ /día	Costo unitario de materiales por : m ³		427.91	
Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	20.43	32.69
OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	16.45	26.32
PEON	hh	10.0000	8.0000	14.76	118.08
					177.09
Materiales					
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m ³		0.7054	30.00	21.16
ARENA GRUESA	m ³		0.4077	30.00	12.23
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bls		8.4706	23.40	198.21
AGUA	m ³		0.2310	5.00	1.16
					232.76
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	177.09	5.31
MEZCLADORA DE CONCRETO 11P3 - 18HP	hm	1.0000	0.8000	10.56	8.45
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP	hm	1.0000	0.8000	5.37	4.30
					18.06

Fuente: Los Autores (2018).

**ANEXO N. °49. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO EN PLACAS,
RELACIÓN A/C = 0.60 + SIKA® CNI.**

PARTIDA: CONCRETO EN PLACAS, RELACIÓN A/C = 0.60 + SIKA® CNI					
UNIDAD: m ³	RENDIMIENTO: 10 m ³ /día	Costo unitario de materiales por : m ³		460.93	
Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	20.43	32.69
OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	16.45	26.32
PEON	hh	10.0000	8.0000	14.76	118.08
					177.09
Materiales					
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.7054	30.00	21.16
ARENA GRUESA	m3		0.4077	30.00	12.23
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		8.4706	23.40	198.21
AGUA	m3		0.2260	5.00	1.13
SIKA® CNI	lts		5.6000	5.90	33.04
					265.78
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	177.09	5.31
MEZCLADORA DE CONCRETO 11P3 - 18HP	hm	1.0000	0.8000	10.56	8.45
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP	hm	1.0000	0.8000	5.37	4.30
					18.06

Fuente: Los Autores (2018).

**ANEXO N. °50. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO EN PLACAS,
RELACIÓN A/C = 0.65.**

PARTIDA: CONCRETO RELACIÓN A/C = 0.65					
UNIDAD: m ³		RENDIMIENTO: 10 m ³ /día		Costo unitario de materiales por : m ³ 413.44	
Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	20.43	32.69
OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	16.45	26.32
PEON	hh	10.0000	8.0000	14.76	118.08
					177.09
Materiales					
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m ³		0.7054	30.00	21.16
ARENA GRUESA	m ³		0.4208	30.00	12.62
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bls		7.8353	23.40	183.35
AGUA	m ³		0.2320	5.00	1.16
					218.29
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	177.09	5.31
MEZCLADORA DE CONCRETO 11P3 - 18HP	hm	1.0000	0.8000	10.56	8.45
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP	hm	1.0000	0.8000	5.37	4.30
					18.06

Fuente: Los Autores (2018).

**ANEXO N. °51. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – CONCRETO EN PLACAS,
RELACIÓN A/C = 0.65 + SIKA® CNI.**

PARTIDA: CONCRETO EN PLACAS, RELACIÓN A/C = 0.65 + SIKA® CNI					
UNIDAD: m ³	RENDIMIENTO: 10 m ³ /día	Costo unitario de materiales por : m ³		446.45	
Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	20.43	32.69
OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	16.45	26.32
PEON	hh	10.0000	8.0000	14.76	118.08
					177.09
Materiales					
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.7054	30.00	21.16
ARENA GRUESA	m3		0.4208	30.00	12.62
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		7.8353	23.40	183.35
AGUA	m3		0.2260	5.00	1.13
SIKA® CNI	lts		5.6000	5.90	33.04
					251.30
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	177.09	5.31
MEZCLADORA DE CONCRETO 11P3 - 18HP	hm	1.0000	0.8000	10.56	8.45
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP	hm	1.0000	0.8000	5.37	4.30
					18.06

Fuente: Los Autores (2018).

**ANEXO N. °52. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – REPARACIÓN EN PLACAS DE
CONCRETO POR DAÑOS DE CORROSIÓN (INCL. TARRAJEO).**

PARTIDA: REPARACIÓN EN PLACAS DE CONCRETO POR DAÑOS DE CORROSIÓN (INCL. TARRAJEO)				
UNIDAD: m ²		Costo unitario directo por : m ² 405.35		
Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Subpartidas				
PICADO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO EXISTENTE (e = 10	m ²	1.0000	5.69	5.69
ACERO DE REFUERZO Fy = 4200 kg/cm ²	kg	9.5200	4.74	45.12
PUENTE DE ADHERENCIA Y ANTICORROSIVO	m ²	1.0000	53.72	53.72
MORTERO DE CERO RETRACCIÓN PARA REPARACIÓN DE CONCRETO	m ²	1.0000	285.90	285.90
TARRAJEO EN INTERIOR DE MUROS	m ²	1.0000	14.92	14.92
				405.35

Fuente: Los Autores (2018).

**ANEXO N. °53. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – PICADO DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO ARMADO EXISTENTE (e = 10 cm.).**

PARTIDA: PICADO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO EXISTENTE (e = 10 cm.)					
UNIDAD: m ²	RENDIMIENTO: 80 m ² /día	Costo unitario directo por : m ²		5.69	
Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	1.0000	0.1000	20.43	2.04
PEON	hh	2.0000	0.2000	14.76	2.95
					4.99
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	4.99	0.15
MARTILLO NEUMATICO 25 - 29 Kg.	hm	1.0000	0.1000	5.52	0.55
					0.70

Fuente: Los Autores (2018).

ANEXO N. °54. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – ACERO DE REFUERZO

Fy = 4200 kg/cm².

PARTIDA: ACERO DE REFUERZO Fy = 4200 kg/cm ²					
UNIDAD: kg		RENDIMIENTO: 250 kg/día		Costo unitario directo por : kg 4.74	
Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	20.43	0.65
OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	16.45	0.53
					1.18
Materiales					
ACERO CORRUGADO Fy = 4200 kg/cm ²	kg		1.0500	3.10	3.26
ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0600	4.30	0.26
					3.52
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.18	0.04
					0.04

Fuente: Los Autores (2018).

**ANEXO N. °55. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – PUENTE DE ADHERENCIA Y
ANTICORROSIVO SIKATOP® ARMATEC® 110 EPOCEM®.**

PARTIDA: PUENTE DE ADHERENCIA Y ANTICORROSIVO SIKATOP® ARMATEC® 110 EPOCEM®					
UNIDAD: m ²	RENDIMIENTO: 40 m ² /día	Costo unitario directo por : m ²		53.72	
Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	1.0000	0.2000	20.43	4.09
PEON	hh	1.0000	0.2000	14.76	2.95
					7.04
Materiales					
SIKATOP® ARMATEC® 110 EPOCEM®	kg		3.0000	15.49	46.47
					46.47
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	7.04	0.21
					0.21

Fuente: Los Autores (2018).

**ANEXO N. °56. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – MORTERO DE CERO RETRACCIÓN
SIKA REP® 350 PARA REPARACIÓN DE CONCRETO.**

PARTIDA: MORTERO DE CERO RETRACCIÓN SIKA REP® 350 PARA REPARACIÓN DE CONCRETO					
UNIDAD: m ²	RENDIMIENTO: 8 m ² /día	Costo unitario directo por : m ²		285.90	
Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	20.43	20.43
OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	16.45	16.45
					36.88
Materiales					
SIKA REP® 350 (30KG)	bls		5.0000	49.56	247.80
AGUA	m ³		0.0225	5.00	0.11
					247.91
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	36.88	1.11
					1.11

Fuente: Los Autores (2018).

**ANEXO N. °57. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – TARRAJEO EN
INTERIOR DE MUROS.**

PARTIDA: MORTERO DE CERO RETRACCIÓN SIKA REP® 350 PARA REPARACIÓN DE CONCRETO					
UNIDAD: m ²		RENDIMIENTO: 8 m ² /día		Costo unitario directo por : m ² 285.90	
Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	20.43	20.43
OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	16.45	16.45
					36.88
Materiales					
SIKA REP® 350 (30KG)	bls		5.0000	49.56	247.80
AGUA	m ³		0.0225	5.00	0.11
					247.91
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	36.88	1.11
					1.11

Fuente: Los Autores (2018).

ANEXO N. °58. PANEL FOTOGRÁFICO.

Figura 9.1. Tamices para realizar Granulometría del Agregado Fino.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.2. Inicio del Proceso de Tamizado del Agregado Grueso.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.3. Proceso de Tamizado del Agregado Grueso Finalizado.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.4. Llenado de Agregado Grueso en Recipiente para determinar
Peso Unitario



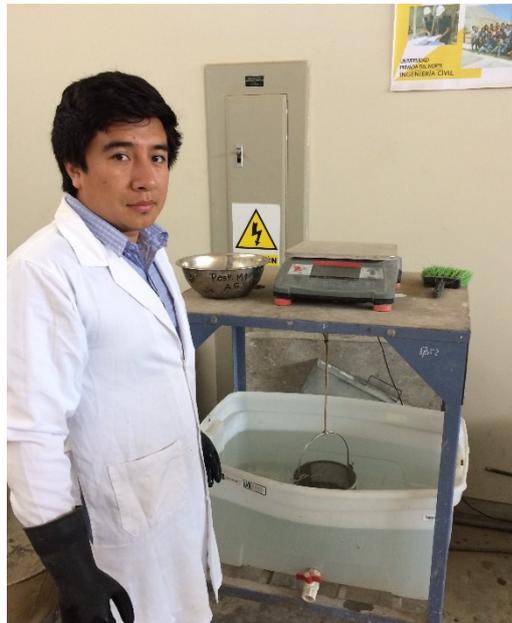
Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.5. Saturación de Agregado Grueso para determinar Peso Específico



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.6. Medida del Peso de la Muestra Sumergida para determinar
Peso Específico



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.7. Agregado Fino en estado de Superficie Seca.



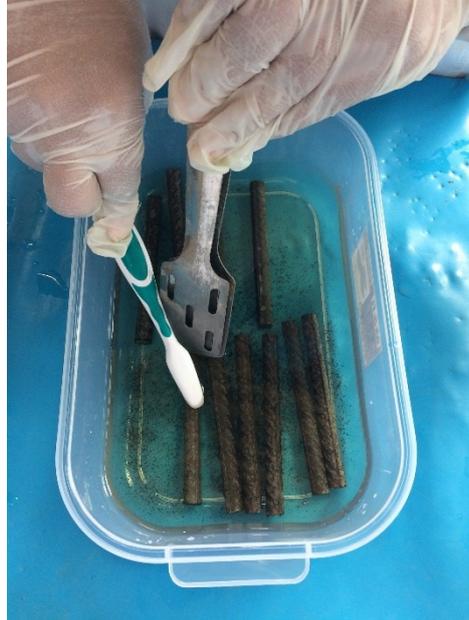
Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.8. Desengrase de probetas de acero para la remoción de impurezas



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.9. Limpieza de probetas de acero en solución al 50% de ácido clorhídrico (HCl) y agua destilada.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.10. Medición del Peso de probetas de acero luego de eliminar los productos de corrosión.



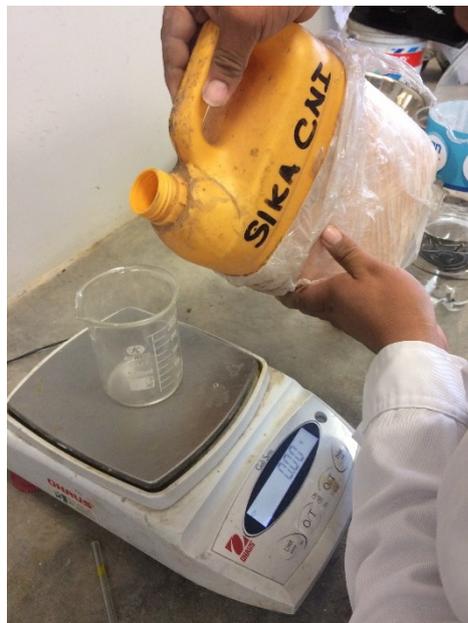
Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.11. Moldes cilíndricos y prismáticos para especímenes de concreto simple y armado.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.12. Adición del Aditivo Inhibidor de Corrosión Sika® CNI a la Mezcla de Concreto.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.13. Medida del Asentamiento (SLUMP) del Concreto en Estado Fresco.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.14. Medida del Contenido de Aire en el Concreto en Estado Fresco.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.15. Medida de la Temperatura del Concreto en Estado Fresco.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.16. Especímenes Cilíndricos de Concreto A/C = 0.55.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.17. Especímenes de Concreto Armado de 9 cm x 9cm x 18cm.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.18. Ensayo de Resistencia a Compresión en Especímenes Cilíndricos de Concreto.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.19. Especímenes de concreto armado expuestos en Buenos Aires.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.20. Especímenes de concreto armado expuestos en Huanchaco.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.21. Especímenes de concreto armado expuestos en Salaverry.



Fuente: Los Autores (2018).

Figura 9.22. Proceso de Limpieza Final de Probetas de Acero luego de la exposición.



Fuente: Los Autores (2018).