



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

ESCUELA DE POSGRADO

PRINCIPALES ELEMENTOS AMBIENTALES QUE DEGRADAN
EL CONCRETO ARMADO EN COLUMNAS DEL CENTRO
EDUCATIVO INICIAL N° 124, LAMBAYEQUE, 2016.

Tesis para optar el grado **MAESTRO** en:

Gestión Ambiental y Resolución de Conflictos

Autor:

Bachiller. Ballena Lluén, Hilton Juan

Asesora:

Doctora. Ena Cecilia Obando Peralta

Cajamarca – Perú

2019

Resumen

La presente investigación, tuvo como objetivo describir los principales elementos ambientales que degradan el concreto armado en columnas del centro educativo inicial N° 124, Lambayeque; por lo que se identificó el valor del dióxido de carbono (CO₂) atmosférico en el lugar de estudio y la descripción de las variables meteorológicas más relevantes, así como la aplicación de normas estandarizadas UNE EN – 14630:2006, UNE 112011, NTP 339.059.2011, NTP 339.034:2013, que a través de ensayos en núcleos de concreto permite identificar la presencia del CO₂ y resistencia a la compresión axial. De los resultados se observaron que los núcleos de concreto extraídos de las columnas, se encuentran afectadas por el CO₂ atmosférico, aunado a las variables ambientales del lugar que brindan las condiciones para su degradación. Concluyendo que en 10 años de construcción de este centro educativo, las columnas de concreto armado se encuentran afectadas por carbonatación, producto de la pérdida de alcalinidad y además de la disminución de la resistencia a la compresión axial, conllevándolo a una baja durabilidad en el tiempo de la estructura.

Abstract

The objective of this research was to describe the main environmental elements that degrade the reinforced concrete in columns of the initial educational center N° 124, Lambayeque; therefore, the value of atmospheric carbon dioxide (CO₂) at the study site and the description of the most relevant meteorological variables was identified, as well as the application of standardized standards UNE EN - 14630: 2006, UNE 112011, NTP 339.059. 2011, NTP 339.034: 2013, which through tests on concrete cores allows to identify the presence of CO₂ and resistance to axial compression. From the results it was observed that the concrete cores extracted from the columns are affected by the atmospheric CO₂, together with the environmental variables of the place that provide the conditions for their degradation. Concluding that in 10 years of construction of this educational center, the columns of reinforced concrete are affected by carbonation, product of the loss of alkalinity and in addition to the reduction of the resistance to axial compression, leading to a low durability over time of the structure.

Dedicatoria

A Dios, por mostrarme el camino.

A la memoria de mi madre, lucecita encendida en el tiempo.

A mi padre, la persona más fuerte que he conocido.

A mis hermanas, el lujo de mi vida.

A mi sobrina Jazmín, por su gracia especial.

Agradecimientos

A la Universidad Privada del Norte, por ser el camino a la excelencia.

Al Dr. Orlando Aguilar Aliaga, Coordinador de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil,
Al Mg. Magda Velásquez Marín, Coordinadora de la Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental,
Al Mg. Juan Carlos Flores Cerna, Docente de la Universidad Privada del Norte,
por su interés, comentarios y sugerencias en calidad de jurados de la presente tesis.

A la asesora Dra. Ena Obando Peralta, Docente de Posgrado de la Universidad Privada del Norte, por su colaboración en la revisión de la tesis.

A Lic. Gloria Vásquez Moncada, Directora del Centro Educativo Inicial N° 124, Lambayeque, por su gentileza y apoyo con la investigación.

Al Ing. Héctor Lluén Gonzales, por la dirección técnica, sus invaluable y valiosos conocimientos en el campo de la ingeniería.

A Orlando Lluén Farro, por su colaboración incondicional en la toma de muestras de concreto armado en columnas.

A Patricia Abanto Linares, por su apreciable contribución en el estudio.

El autor

Tabla de contenidos

Resumen	ii
Abstract	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Tabla de contenidos	vi
Índice de Tablas	vii
Índice de figuras	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
I.1. Realidad problemática	1
I.2. Pregunta de investigación	2
I.3. Objetivos de la investigación	2
I.4. Justificación de la investigación	2
I.5. Alcance de la investigación	3
II. MARCO TEÓRICO	4
II.1. Antecedentes	4
II.2. Bases teóricas	7
III. MARCO INSTITUCIONAL	20
IV. HIPÓTESIS	21
IV.1. Declaración de hipótesis	21
IV.2. Operacionalización de variables	21
IV.3. Propuesta de solución	23
V. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS Y ANÁLISIS	24
VI. RESULTADOS	27
VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	41
VIII. RECOMENDACIONES:	45
LISTA DE REFERENCIAS.	46
Apéndice	54

Índice de tablas

tabla 3.2.1. Detalles de las columnas de concreto armado	21
tabla 4.2.1. Matriz de operacionalización	22
tabla 5.1.1. Ubicaciones de los puntos de muestreo, centro educativo inicial N° 124.....	27
tabla 6.1.1. Valores de la concentración de CO ₂ atmosférico cerca de las columnas de concreto armado, horario mañana.....	29
tabla 6.1.2. Valores de la concentración de CO ₂ atmosférico, cerca de las columnas de concreto armado, horario tarde.....	29
tabla 6.2.1. Promedios anuales de datos meteorológicos, periodo 2006 – 2015	32
tabla 6.2.2. Promedio mensual de datos meteorológicos – 2015.....	32
tabla 6.2.3. Promedio mensual de datos meteorológicos – 2016.....	33
tabla 6.2.4. Reporte de datos meteorológicos 29/04/2016, fecha del estudio	33
tabla 6.2.5. Horas de temperatura máxima y mínima	33
tabla 6.3.1. Ensayo del frente carbonatado (método de la fenolftaleína)	37
tabla 6.4.1. Ensayo de la resistencia a la compresión axial	39

Índice de figuras

figura 3.1.1. Mapa de ubicación y localización del centro educativo inicial N° 124	20
figura 5.1.1. Ubicación de los puntos de muestreo	28
figura 6.1.1. Concentración de CO ₂ atmosférico cerca de las columnas de concreto armado, a barlovento, horario mañana	30
figura 6.1.2. Concentración de CO ₂ atmosférico cerca de las columnas de concreto armado, a barlovento, horario tarde	31
figura 6.2.1.1. Humedad relativa, velocidad y dirección de viento, temperatura máxima y mínima. Periodo 2006 – 2015	34
figura 6.2.1.2. Humedad relativa, velocidad y dirección de viento, temperatura máxima y mínima. Periodo 2015	35
figura 6.2.1.3. Humedad relativa, velocidad y dirección de viento, temperatura máxima y mínima. Periodo enero – abril 2016	36
figura 6.3.1.1. Profundidad de carbonatación en núcleos de concreto de las columnas del centro educativo inicial N° 124, a barlovento y sotavento	38
figura 6.4.1.1. Resistencia a la compresión axial en los núcleos de concreto de las columnas del centro educativo inicial N° 124, a barlovento y sotavento.	40

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Realidad problemática

A partir de los años ochenta, se ha observado el deterioro de las construcciones de concreto armado en las edificaciones, por lo general en esa fecha se pensaba que las estructuras de concreto tenían una vida ilimitada por lo que denotaba interés; sin embargo, la falta de durabilidad de las construcciones está asociado a elementos ambientales que conllevan a que no cumpla su verdadera función relacionada con la resistencia mecánica (Solís, C., Ivan, M. & Castro, B. 2005); Estos elementos ambientales como el dióxido de carbono atmosférico (CO_2) que aunado a la humedad relativa, temperatura y viento propios del lugar, influyen e impactan en estructuras degradándola (Martínez, 1995), cabe señalar que el CO_2 presente en nuestra naturaleza es un componente del aire que desde la revolución industrial incrementó su concentración en diferentes entornos, por lo que al tenerlo presente de manera natural y/o incrementada por actividades humanas, actúa junto con el vapor de agua (H_2O) también presente en la atmósfera generando compuestos secundarios ácidos que interactúan con los componentes alcalinos del concreto degradándolo, ayudados por la temperatura y viento que acelera la velocidad de reacción, quedando desprotegido el acero de refuerzo perdiendo sus propiedades y por ende su vida útil de la estructura, con riesgo de colapso.

Es así como cobra importancia este fenómeno de degradación del concreto, relacionado con las condiciones ambientales prevalecientes del lugar, ya que en infraestructuras como edificaciones y obras de ingeniería que son diseñados para alcanzar una vida útil entre 50 a 100 años, a los 10 o 30 años ya presentan problemas de degradación no garantizando su durabilidad (Galán, 2011); es por ello que el personal capacitado, la calidad de materiales y profesionales inmersos en el proceso constructivo son importante al momento de ejecutar una obra, que garantice los análisis y diseños de mezcla adecuados teniendo en cuenta el medio ambiente a la que queda expuesta la infraestructura.

I.2. Pregunta de investigación

¿Cuáles son los principales elementos ambientales que degradan el concreto armado en columnas del centro educativo inicial N° 124, Lambayeque, 2016?

I.3. Objetivos de la investigación

I.3.1. Objetivo general

Describir los principales elementos ambientales que degradan el concreto armado en columnas del centro educativo inicial N° 124, Lambayeque, 2016.

1.3.2. Objetivos específicos

1.3.2.1. Identificar el valor de la concentración del dióxido de carbono atmosférico en el centro educativo inicial N° 124.

1.3.2.2. Describir la data meteorológica de la zona de estudio.

1.3.2.3. Determinar la presencia de CO₂ atmosférico en los núcleos de concreto extraídos a las columnas del centro educativo inicial N° 124.

1.3.2.4. Determinar la resistencia a la compresión axial en los núcleos de concreto extraídos a las columnas del centro educativo inicial N° 124.

1.3.2.5. Proponer la reparación de las columnas de concreto armado del centro educativo inicial N° 124, en base a los resultados obtenidos.

I.4. Justificación de la investigación

La presente investigación, encuentra su fundamento teórico en la degradación del concreto que se lleva a cabo todos los días en miles de estructuras en todo el mundo, debido a los parámetros meteoroquímicos del ambiente que interactúan con el concreto armado desarrollando el proceso de carbonatación, disminuyendo la función protectora tanto del concreto como del acero de refuerzo (Nieves, M., Nava, V., Rolón, A., Garza, F., Hervert, Z., Torres, A. & Baltasar, Z. 2006). En relación a lo mencionado, es el CO₂ atmosférico que aunado a la humedad, temperatura y acción del viento se difunde a través de los poros del concreto (material poroso) reaccionando y generando carbonatos,

disminuyendo de esta manera su alcalinidad que frente a la prueba de fenolftaleína se hace observable mediante el cambio de coloración, determinando así la profundidad de carbonatación (Burgos. 2012), además de la prueba de resistencia a la compresión del concreto que nos confirma su durabilidad en el tiempo (Vizcaíno, 2014 citado por Licor, 2016).

En relación con lo mencionado, no existen estudios referentes a la degradación del concreto en estructuras existentes en nuestra localidad, aun cuando se observa un gran avance en el sector construcción, así como en infraestructura pública y privada producto de la demanda poblacional. En ese sentido, nuestro estudio nos permite conocer cómo el concreto de estructuras expuestas al medio ambiente se ven afectados por las variables ambientales propias del lugar que contribuyen a la corrosión del acero de refuerzo, conllevando a un riesgo para las personas que lo habitan y además de elevados costos que se asume en su reparación.

La presente investigación, encuentra su justificación práctica al situarnos en un contexto alarmante, pues se observa que a pocos años de haber sido construido la infraestructura, el concreto armado de las columnas ya se encuentran degradados, esto luego de haber sido ensayados mediante la fenolftaleína y resistencia a la compresión.

En base a lo mencionado es imprescindible que se realice pruebas de concreto endurecido en infraestructuras existentes, con el fin de conocer la profundidad de carbonatación y poder realizar mantenimiento preventivos y periódicos. Asimismo, en infraestructuras nuevas se deberá tener presente el ambiente agresivo al cual queda expuesta, para ello es indispensable el proceso constructivo con buen uso del diseño de mezcla, calidad de materiales, mano de obra capacitada, siguiendo las indicaciones del profesional a cargo de la obra.

I.5. Alcance de la investigación

La investigación es descriptiva, no experimental y transversal porque describe los elementos ambientales propios del lugar que afectan al concreto armado, para ello se identifica el valor de la concentración del CO₂ atmosférico en un momento dado, se revisa la data meteorológica y se aplica ensayos destructivos y químicos al concreto en 06 columnas del centro educativo inicial N° 124, para determinar la profundidad de carbonatación y resistencia a la compresión axial, confirmando de esta manera su degradación.

II. MARCO TEÓRICO

II.1. Antecedentes

Campos (2011) en su trabajo de Tesis maestría en ciencias, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. “Carbonatación del concreto en condiciones aceleradas y naturales: aplicación al ambiente de la zona metropolitana de Monterrey”, Cuyo objetivo fue comparar la carbonatación natural y acelerada y debido a que la carbonatación natural es demasiado lenta, se le proporcionó una atmósfera artificial generando condiciones aceleradas para el estudio de degradación del concreto (carbonatación) que depende de la composición del cemento, mezcla, ambiente de exposición y concentración del CO₂. Entre sus principales conclusiones detalla que la concentración de CO₂ atmosférico medido en el lugar es menor que la referida en la literatura por lo que no se debe generalizar ya que existen microclimas. Respecto a la carbonatación natural y acelerada tanto mayor es el tiempo de exposición mayor es la carbonatación. En los especímenes de concreto la profundidad de carbonatación es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión del concreto en ambiente natural y acelerado. Asimismo, señala que se deben realizar predicciones a futuros estudios que incluyan variables como CO₂, humedad relativa y temperatura. Entre sus recomendaciones más resaltantes destaca la de realizar estudios en estructuras existentes y considerar las características del ambiente. Este estudio aporta a la investigación porque para determinar el frente carbonatado o profundidad de carbonatación, se tuvo en cuenta el método de la fenolftaleína, hace uso de la relación agua/cemento y curado en los especímenes expuestos al ambiente natural y acelerado frente a la resistencia a la compresión, así como el uso de variables ambientales y además corrobora datos teóricos con mediciones de CO₂ referenciales del lugar.

Asimismo, Escalante (2010) en su tesis para optar el título de ingeniero civil de la Universidad de Oriente, Barcelona. “Durabilidad del concreto armado en viviendas de zonas costeras por acción del medio ambiente en la conurbación Barcelona, Lechería, Puerto la Cruz y Guanta del Estado Anzoátegui”. Cuyo problema precisa que la vivienda se envejece con el pasar del tiempo, ya que queda expuesta a influencias externas físicas y climáticas y a pesar de la ingeniería es en la etapa constructiva donde se pone en tela de juicio aspectos como deficiencias que surgen en la obra, que influyen en el comportamiento de la estructura, cuya resistencia depende tanto del concreto como del acero de refuerzo, cualquiera que se deteriore compromete a la estructura como un todo, en un ambiente costero sobre todo marino, los cloruros y sulfatos desintegran al concreto y afectan al acero de refuerzo. Propone que en caso de degradación del concreto y acero, se debe resanar las grietas, cortar y soldar el acero afectado con un solapamiento de 10 veces el diámetro de la barra, aumentar la esbeltez de los elementos estructurales agregando acero longitudinal y

estribos sobre las estructuras levantadas, pintura anticorrosiva a las mechas o tirantes que quedan expuestos al medio ambiente. Asimismo, se concluye que la climatología del lugar es agresiva con temperaturas promedio y picos de humedad relativa en un periodo de 11 años, por lo que el ensayo que demuestra la presencia de CO_2 en el concreto es la fenoltaleína que frente a una variación de color evidencia la carbonatación y el nitrato de plata AgNO_3 nos ayuda a identificar la presencia de cloruros al ser un ambiente marino. Los daños estructurales se dan por desconocimiento del ambiente agresivo, cuya penetración se evita con la reducción de la porosidad relacionada con la relación agua/cemento. La recomendación para la zona de estudio es la de reparar viviendas con daños menores en la brevedad y demoler las viviendas con riesgo por su alto costo en reparación, se debe considerar una relación agua/cemento de 0.4, resistencia mayor a 250 kg/cm^2 , espesor de recubrimiento y inhibidores de corrosión, en ambientes expuestos agentes agresivos, a fin de evitar su penetración. Este estudio realizado aporta a la investigación en cuanto al reconocimiento visual, evaluación estructural, la meteorología del lugar, así como el impacto del CO_2 en el concreto a través de la fenoltaleína y el AgNO_3 en la determinación de cloruros que afectan la corrosión del acero de refuerzo.

En relación, Cerna y Galicia (2010) en su tesis para optar el título de ingeniero civil de la Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo – Perú. “Vida útil en estructuras de concreto armado desde el punto de vista de comportamiento del material”. Cuyo objetivo fue determinar la realidad de las edificaciones existentes en la ciudad de Chimbote, conociendo y comprendiendo los elementos nocivos a través del tiempo. Para lo cual concluye que los efectos de la corrosión condicionan la durabilidad de las estructuras de concreto armado, debido a la presencia de manchas, grietas y deslaminaciones por consiguiente pérdida de sección y disminución de resistencia a la compresión; por lo que se debe tener presente los ensayos y análisis químicos de los materiales a usar en el proceso constructivo, es más el vaciado del concreto debe estar bien dosificado, compactado y curado a fin de conseguir una baja porosidad, baja permeabilidad y alta resistencia y esto se logra con la disminución de su relación agua/cemento; se recomienda relación agua/cemento menores a 0.50 cuya resistencia serán mayores a 250 kg/cm^2 , con un recubrimiento sobre el acero de refuerzo debe ser de 4 a 5 cm, a fin de proteger a la estructura de los agentes ambientales agresivos, usar pintura protectora, en caso de carbonatación retirar y reconstituir el concreto dañado, reparar el acero de refuerzo usando inhibidores de corrosión si se está expuesto a un ambiente marino. Finalmente, este estudio aporta a la investigación, debido a que las buenas prácticas constructivas en la fase del proyecto, que conllevan a una amplia durabilidad, disminuyendo el ingreso y difusión de gases, así como cloruros desde el exterior que afectan al concreto, para posteriormente deteriorar el acero de refuerzo con pérdida de resistencia.

Cabe agregar el estudio de Moreano y Palmisano (2012) en su tesis para optar el título de ingeniero civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, titulado “Nivel de afectación de la contaminación atmosférica y sus efectos en la infraestructura del campus universitario debido a la emisión de partículas PM_{10} y CO ”. En esta investigación describe y explica la contaminación ambiental que es producto de las actividades humanas que se han incrementado, bajo ese panorama organismos competentes han establecido límites o estándares para evitar daño en la salud, sin embargo, no existen indicadores que midan el daño en la infraestructura. Se concluye entonces que la presencia de sustancias como CO , PM_{10} y SO_2 afecta la degradación del concreto con aparición de eflorescencias y corrosión en medios agresivos, por lo que se debe exigir un control de calidad en la etapa constructiva, ya que el acero y el concreto sufren alteraciones cuando entran en contacto con un medio agresivo, en el caso del acero la disminución de su diámetro, capacidad mecánica y en el concreto la formación de óxidos expansivos que provocan fisuras, desprendimientos y pérdida de adherencia acero – concreto. La recomendación para el trabajo realizado es la de considerar cercos vivos (plantaciones) a fin de disminuir los contaminantes del medio, debido a que en el análisis realizado en las diferentes estaciones de muestreo se observó gran diferencia. Además, conocer el origen de los materiales para controlar y prolongar la vida útil de las obras civiles, revisar instalaciones y evaluar su condición, así como la calidad del proceso constructivo de manera estricta, que nos aseguren un mejor comportamiento, ya que los procesos correctivos involucran mano especializada, diversos materiales y reparaciones costosas. Una relación agua/cemento apropiada en el proceso constructivo, nos conlleva a una menor cantidad de poros interconectados limitando el ingreso de gases y líquidos en el concreto. Finalmente, la concentración de CO_2 (ppm) es más significativa por el problema degradación del concreto (carbonatación) comparado con SO_2 , NO_2 (ppb) que genera erosión superficial, por lo que atender la carbonatación se resuelve con un concreto de buena calidad y un recubrimiento grueso. Este estudio aporta a la investigación, ya que fue realizado en un centro de estudios universitarios de alta densidad poblacional y parque automotor – zona urbana – donde existe estructuras nuevas y antiguas permeables a CO_2 y SO_2 , cuyos contaminantes analizados mediante muestreo del aire y comparados con los estándares de calidad ambiental ECAs impactan sobre la infraestructura (degradación del concreto) a través de la presencia de lluvia ácida en el lugar y la oxidación del CO a CO_2 .

En cuanto a estudios relacionados en la localidad, se realizó la búsqueda respectiva y no se encontró antecedentes sobre el tema.

II.2. Bases teóricas

LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÙ

El Perú vive un crecimiento de la industria de la construcción desde fines de los años 90, debido al crecimiento de la población, desarrollo social y económico, que forma parte del desarrollo del país. Sin embargo, no se hace mucho por mejorar la construcción informal (autoconstrucción) que no aplica los criterios, normativas y prácticas constructivas adecuadas (Ferradas, 2017), si bien los estándares de calidad de las edificaciones formales son mejores que la autoconstrucción, por su diseño estructural que garantiza el comportamiento y capacidad para resistir cargas, pero no garantiza su durabilidad en el tiempo porque depende de factores como el ambiente y su agresividad al cual queda expuesta la estructura (López et al., 2006); sustancias como el CO₂ atmosférico y los cloruros presentes en materiales y en el aire de zonas costeras penetran por difusión a través de poros y fisuras, incorporándose al concreto armado para posteriormente afectar al acero de refuerzo, que conllevan al deterioro prematuro de estructuras disminuyendo su vida útil. Las propiedades de durabilidad del concreto armado se consiguen gracias a la acción protectora que el concreto ejerce sobre el acero, propiedades químicas por su alta alcalinidad y físicas por la barrera frente agentes agresivos, por lo que la durabilidad de las estructuras depende no solo de sus características mecánicas, sino también del medio ambiente al cual quedan expuestas. Por todo ello es relevante considerar también la supervisión de la obra, calidad de materiales empleados en la construcción y el medio ambiente, a fin de prevenir el deterioro de los elementos del concreto y aumentar la durabilidad de la estructura, que garantice la seguridad del mismo a los que lo habitan y a terceros, de lo contrario su servicio tendría que ser prescindido por cuestiones de seguridad (Perepérez et al., 1987; Cerna y Galicia, 2010; G. Santiago et al., 2010 citado por Burgos, 2012).

ELEMENTOS AMBIENTALES QUE DEGRADAN AL CONCRETO

El concreto es el elemento más utilizado en la construcción en todo el mundo y se puede considerar como un material tan durable como la piedra natural, cuando se protege de agentes agresivos químicos, físicos y biológicos del medio ambiente. Sin embargo, en presencia de éstos se hace vulnerable tanto el concreto como el acero de refuerzo, perdiendo su capacidad portante y por ende su durabilidad (Andrade, s.f).

En este sentido los autores Orozco, Ávila, Restrepo, Parody (2018) admiten que las estructuras en servicio se ven afectados por el clima al cual está expuesto y esto debido a fallas humanas, por un mal diseño durante el proceso constructivo, la mala calidad de los

materiales empleados y sobre todo la calidad en mano de obra, la familiaridad con las especificaciones técnicas. Es decir, juega un papel importante sus componentes, una buena mezcla, colocación y curado del concreto en la etapa constructiva. Es ese sentido (Florentín y Granada, 2009) refieren la importancia de conocer que toda estructura tiene una vida útil, por lo que requiere mantenimiento periódico a fin de ayudar en su durabilidad, ya que si se generan grietas y no se corrigen los agentes agresivos degradan al concreto de manera rápida y temprana. Así (Galán, 2011) señala que para las estructuras de edificaciones se considera una vida útil de 50 años y para las de obra civil de 100 años, no obstante, a los 10 ó 30 años ya presentan problemas de degradación del concreto, por ello se requiere de protección y reparaciones periódicas con el objeto de garantizar la durabilidad de la estructura.

En ese sentido Chávez et al. (s.f) y Saura (2011) refieren que la degradación del concreto en estructuras es lenta y depende del medio de exposición, es por ello que se realizan ensayos en probetas sometidas a la cámara de carbonatación acelerada mostrando resultados en menor tiempo. De estas evidencias (Campos, 2011) recomienda realizar estos estudios en estructuras existentes, teniendo en cuenta los parámetros ambientales. En referencia en el año 2013, Priano y señas muestran que la degradación del concreto en edificaciones es mayor en áreas expuestas a los agentes ambientales comparado con las áreas protegidas de éstos. Por ello, la geografía del lugar es un factor indispensable que influye en la durabilidad del concreto de una estructura, ya que puede verse alterado por agentes ambientales externos en concentraciones más de las permitidas, generando sales expansivas, cambio de color, eflorescencias en el concreto al ingresar a través de poros o fisuras, así por ejemplo, en la interacción del SO_2 con el concreto, la solución de sulfatos de sodio, potasio, calcio y magnesio reaccionan con los componentes del concreto (C_3A , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y en menor medida el C_4AF sensibles a sulfatos) generando etringita (sulfoaluminato de calcio) (Aguilar, 2007). Sin embargo, es más relevante el estudio del gas CO_2 porque interactúa con el concreto armado, junto con otros elementos ambientales como la humedad, calor, viento, generando sustancias ácidas que alteran a los componentes altamente alcalinos del concreto deteriorándolo, afectando al acero de refuerzo que es fundamental por su resistencia a cargas propias de la estructura (Martínez, 1995); también admitió a los factores físicos que degradan al concreto como el viento que por su acción mecánica impacta sobre la superficie erosionándola, transportando sustancias y evaporando el agua de los poros del concreto por el movimiento del viento, por su parte (Chávez, U., Pérez L., Reyes T., Corvo P. & Osorno C. (s.f)) precisa que la cara del concreto expuesto y alineado a la dirección del viento se ve afectado respecto a la contracara, como consecuencia de la interacción con el viento; en ese sentido (Mundaca y Boullosa, 2007) señala que los obstáculos en el flujo del viento como edificaciones y otros, disminuyen su velocidad y crean turbulencias en torno a ellos, distribuyendo al aire; asimismo la influencia

del viento puede aumentar o disminuir la concentración del CO₂ (Priano y Señas, 2013). De otro lado la temperatura, puede producir dilataciones y contracciones, generando tensiones fisurando al material cementante, el incremento de ésta también conlleva a la movilidad de las moléculas generando transporte de sustancias y evaporación debido a la presencia de agua en la atmósfera, cuya porosidad del concreto y cloruros higroscópicos lo retienen, degradándolo (Cerna y Galicia, 2010; Burgos, 2012), está es la razón por la cual la degradación del concreto se ve limitada por la cantidad de humedad relativa presente, que en climas cálidos acelera la resistencia del concreto a edad temprana, pero a edad posterior tiende a disminuirla; aunado a la situación el Centro de gestión y tecnología ambiental (CGTA, 2012) precisa que las temperaturas máximas y mínimas juegan un papel importante, ya que hay más tiempo en horas de temperatura mínima y menos tiempo en horas de temperatura máxima con mayor velocidad de reacción, influyendo en el comportamiento de los gases presentes en la atmósfera, dependientes de la temperatura, el cual frente a un incremento de ésta, aumenta su volumen disminuyendo su densidad, conllevando al ascenso del gas y viceversa; en este sentido (Petrucci et al., 2001, p.200) señala que “el volumen de un gas a presión constante es directamente proporcional a la temperatura, por lo que sigue una relación lineal (Ley de Charles)” igualmente (Brown et al., 2004, p.209; Petrucci et al., 2011, p.380) validan al decir que “la densidad de un gas depende de presión, masa molar y temperatura”, por lo que más denso es un gas cuanto mayor es la masa y presión y menos denso es un gas cuando la temperatura aumenta a una presión dada; es decir que la densidad del gas es inversamente proporcional a la temperatura, por lo que el aire caliente es menos denso que el aire frío y como la densidad de un gas es directamente proporcional a sus masas molares, cuanto más baja sea la masa molar del gas mayor será su capacidad de elevarse.

DIOXIDO DE CARBONO (CO₂)

El CO₂, es uno de los gases traza más comunes en nuestra atmósfera, proviene de fuentes antropogénicos y naturales, forma parte de los gases de efecto invernadero, es un gas no tóxico, inodoro, incoloro, ligeramente ácido y soluble en agua. En el aire está presente en una mezcla de gases de los cuales aproximadamente el 78% es nitrógeno (N₂), el 21% es oxígeno (O₂), el 1% es argón (Ar) y otros, entre los que destaca el dióxido de carbono (CO₂) cuyo contenido no excede el 0.03%. El CO₂ se produce cuando se quema cualquier compuesto que contenga carbono (combustibles fósiles) formando parte del ciclo del carbono (Valdez, 1998; Solís, C., Moreno, E., Jiménez, T. & Rosas, P. 2008) la variación de su concentración altera al medio ambiente.

Al respecto del ciclo del carbono la secretaria de medio ambiente y recursos naturales SEMARNAT (2009), señala que este ciclo se desarrolla en la atmósfera, corteza terrestre, suelos, cuerpos de agua y en los seres vivos. Se da en dos fases, la biológica que dura de

días a miles de años y la geológica que tarda millones de años en completarse. En la primera fase, el carbono se encuentra de manera natural en la atmósfera como resultado de la descomposición de la materia orgánica, incendios forestales, expulsión de los volcanes o por emisión de los organismos vivos; este CO_2 es absorbido por las plantas que mediante la fotosíntesis lo usan para la construcción de sus estructuras y sirve de alimento a los animales, regresando a la atmósfera por la respiración, digestión y descomposición de la materia orgánica en el suelo. La segunda fase es lenta, donde el CO_2 del medio se disuelve en el océano y forma rocas calizas que después de muchos años la actividad volcánica y disolución de ésta se desintegra en CO_2 a la atmósfera completando así el ciclo del carbono; con el pasar de los años los estilos de vida del hombre ha introducido más carbono al ciclo a través de actividades como la destrucción de bosques, cría de ganado, quema de combustibles fósiles (en la actividad industrial), parte de estas emisiones son absorbidas por los océanos y las plantas, sin embargo el excedente ha hecho que la concentración de este gas, siga creciendo en el medio y que junto con otros compuestos conlleve al efecto invernadero, calentamiento global y para nuestro caso la reacción del CO_2 sobre las estructuras de concreto armado que se asientan en el suelo.

Con referencia, la acción del CO_2 y las variables que influyen en su reacción sobre el concreto ha sido motivo de estudios, debido a la modificación de su composición química y estructural que afecta a sus propiedades y durabilidad de la infraestructura (Gaspar y Muñoz, s.f.), disminuyendo su vida útil proyectada.

Es muy común entonces creer que en una construcción, el concreto armado es un material de larga durabilidad, sin embargo, el concreto y acero de refuerzo puede verse afectado, por agentes externos como las prácticas constructivas (relación agua/cemento, colocación y curado), el ambiente (temperatura, agua, atmósfera, ácidos), biológicos (microorganismos) y físicos (desgaste) (Posada, s.f.).

CONCRETO ARMADO

El concreto está formado por la mezcla de cemento, agua, agregados finos, gruesos y eventualmente aditivos que le dan una elevada resistencia a la compresión; sin embargo, se le adiciona acero de refuerzo para darle resistencia a la tracción convirtiéndolo en concreto armado, el cual debe tener recubrimientos mínimos de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) norma E 0.60.

El concreto se prepara a partir del cemento portland, que es un polvo finísimo de color gris, al respecto (Posada, s.f; Sánchez de Rojas, 2004) admiten que el cemento portland es el producto de la cocción de caliza y arcilla que da lugar al clinker y un regulador de fraguado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); el clinker está formado por óxidos de silicio, aluminio, fierro, calcio y

porcentajes de magnesio, sodio y potasio, estos óxidos forman silicatos, aluminatos y ferrito aluminato de cal, dando lugar a cristales mixtos como:

- a. El silicato tricálcico o alita (C_3S) ($3CaO \cdot SiO_2$)
Al hidratarse produce silicato cálcico hidratado C-S-H ($C_3S_2H_3$) y portlandita (CH), capaz de absorber cloruros reduciendo el riesgo de corrosión.
- b. El silicato bicálcico o belita (C_2S) ($2CaO \cdot SiO_2$)
Ambos contribuyen a la resistencia mecánica del cemento.
- c. El aluminato tricálcico o felita (C_3A) $3CaO \cdot Al_2O_3$
En presencia de silicatos desarrolla buena resistencia debido a su rápida hidratación, se usa el yeso dentro de su composición para retrasarlo. También encapsula cloruros, pero es sensible al ataque de sulfatos. La hidratación del C_3A forma aluminatos cálcicos cristalinos cúbicos (C_3AH_6) y hexagonales (C_4AH_{13}), este último cuando la relación agua – cemento es alta, producto de la excesiva cantidad de agua que se usa en el amasado; la pérdida de esta agua conlleva a una reducción de su volumen formando aluminatos cúbicos, dejando una red de poros interconectados o no, que Según (Del Valle M., Pérez L. & Martínez M. 2001) van de pocos nanómetros (microporos), a micrómetros (capilares) producto de la hidratación del concreto, incluso milímetros (poros grandes) producto de la mala compactación y aire atrapado durante la elaboración del concreto, reduciendo la resistencia del mismo.
- d. El ferrito aluminato tetracálcico o celita (C_4AF) ($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot FeO_3$)
Actúa como fundente durante la cocción del crudo.

Todas estas reacciones al hidratarse generan $Ca(OH)_2$ además del NaOH y KOH derivados de los óxidos (Na_2O y K_2O) sustancias indispensables para proteger el acero de refuerzo por su alta alcalinidad (Rojas, 2006).

En efecto en el 2004, Sánchez de Rojas señala que en la hidratación del cemento, los aluminatos y silicatos dan lugar a una masa dura y rígida, proceso llamado fraguado, aumentando la resistencia mecánica del concreto, el cual debe seguirse hidratando, tratamiento conocido como curado, que mantiene la humedad, previene la evaporación, y pasiva al acero embebido en el concreto.

En relación a la composición del concreto, los agregados son elementos de naturaleza inorgánica, de procedencia natural y artificial, de gran importancia porque contribuyen en el volumen, resistencia del concreto y son más económicos que la pasta de cemento; por su tamaño se clasifican en agregado fino (arena) cuyo tamaño es menor a 5 mm y agregado grueso (piedra triturada, grava) mayor a 5mm, el cual debe estar libre de impurezas para

ello se usa el lavado (Torres et al., 2010 citado por Pérez, s.f). Los agregados ocupan entre el 60 y 75% del volumen del concreto e influyen en su durabilidad ya que afectan sus propiedades, por eso es importante su composición debido a que reaccionan con los álcalis del concreto (López, C., Pérez, Q., Torres, A., Martínez, M., Martínez, M., Ariza, A., Zamudio, C., Genescá, L.I. & Valdez, S. 2006) es decir que los agregados son materiales cuyas propiedades físicas y químicas influyen en el desempeño del concreto, por ello se debe cumplir con requisitos amparados en el RNE respecto a su composición, granulometría y tamaño.

Sobre el asunto, Escalante (2010) argumenta que el agua usada en el amasado del concreto, también es importante en la hidratación de sus componentes con posterior fraguado, el exceso que se agrega a la mezcla para que tenga una mejor trabajabilidad conllevaría a una relación agua/cemento elevada, por lo tanto una mayor porosidad, menos resistencia mecánica y mayor riesgo de ataque al concreto endurecido por su permeabilidad (Del Valle et al., 2001). Por su parte el RNE norma E.060 en su capítulo 2: agua; precisa que “el agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser de preferencia potable”, las aguas procedentes de alcantarillado, minas, montañas, mar, residuales, canales, pozos, deben ser sometidas al análisis químico y comparados con las normas para su incorporación en el concreto (Aguilar, 2007) evitando interferir en la hidratación del cemento, fraguado, resistencia y riesgo de corrosión.

Entorno a la relación agua/cemento, Del Valle et al. (2001) sostiene que es la cantidad de agua respecto al peso de cemento; como la mezcla debe tener cierta trabajabilidad para su uso en el plano constructivo juega un papel importante esta relación, de allí que una pasta de cemento con bajo contenido de agua (relación agua/cemento baja) será más compacta con menos poros interconectados, lo contrario en una relación agua/cemento alta conllevaría a una mayor porosidad y por ende difusión de gases y cloruros conllevando a la degradación del concreto y acero. Según RNE E.060 en su capítulo 2. Materiales, señala que la resistencia a la compresión ($f'c$) no debe ser menor de 245 kg/cm^2 con una relación agua cemento de 0.45 por razones de durabilidad.

A éste respecto, Del Valle et al. (2001) citado por Pérez, (s.f) indica también que los aditivos usados eventualmente en el proceso constructivo, son sustancias que se adicionan a la mezcla en pequeñas cantidades mejorando las propiedades del concreto fresco o endurecido con un debido asesoramiento técnico. Para (Aguilar, 2007) los aditivos puede estar en forma de polvo el cual se agrega directamente al cemento o en forma de líquido que se diluye en agua, la dosis va de 0.1% a 5% del peso del cemento, respetando las recomendaciones del fabricante y el diseño de mezcla; asimismo precisa que este no debe tener efectos negativos en el concreto, se debe usar solo cuando se requiera propiedades

especiales; se clasifican en incorporadores de aire, retardantes, acelerantes, plastificantes e impermeabilizantes.

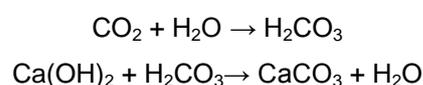
Del mismo modo, se considera que el acero de refuerzo corrugado son aleaciones de fierro (Fe), carbono (C) además de manganeso (Mn), silicio (Si), fósforo (P) y azufre (S), que se adhieren a la pasta de concreto conservándose, desarrollando resistencia a la tracción, compresión y lo protegen de los agentes agresivos que lo alteran con riesgo de corrosión asociado a los defectos de la construcción, cambios en las condiciones de servicio o acción de agentes agresivos (Del Valle et al., 2001 en Pérez, s.f; Sanjuán y Castro, 2001).

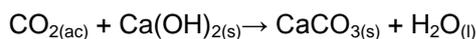
A todo lo mencionado, juega también un papel importante las prácticas del proceso constructivo que muchas veces se realizan con supervisión insuficiente y sea el personal obrero no capacitado en quien recae la responsabilidad de su ejecución, conllevando a reducir la durabilidad en el tiempo de las estructuras de concreto armado. Es así que, en las construcciones se encuentra espesores reducidos en las secciones de los elementos estructurales, dimensiones pequeñas, con recubrimiento escaso que proteja al acero de refuerzo quedando expuesto a los agentes agresivos del medio ambiente que tienen un camino corto por recorrer (Solís et al., 2005), así como el uso inadecuado de los encofrados según RNE. E 0.60: encofrados; todo ello influyendo en un deterioro prematuro de las estructuras.

CARBONATACIÓN

Para los autores (Josefina, 2005; Rojas, 2006; Saura, 2011; Burgos, 2012) la degradación del concreto se da por la difusión gaseosa a través de los poros, combinada con una reacción química dentro del concreto armado, entre el dióxido de carbono ambiental (CO_2) y agua (H_2O) contenida en los poros, formando ácido carbónico (H_2CO_3) y este a la vez reacciona con hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) del concreto formando carbonatos, disminuyendo de esta manera su alcalinidad de 12.5 a 9 afectando al acero de refuerzo; con referencia (Del Valle et al., 2001) señala que la alcalinidad que desarrolla el concreto a un pH de 12 ó 13 forma una capa de óxido que cubre al acero y lo protege, cuando este se pierde a un pH de 9 crea condiciones propicias para el inicio de la corrosión de la armadura.

Existen también reacciones en la que el CO_2 atmosférico disuelto en los poros interactúan con sales presentes en el (productos de la hidratación del concreto: silicato cálcico hidratado C-S-H) formando CaCO_3 . En referencia Nordic Innovation Centre (2005) citado por Monje y Rodríguez (2016) describe las siguientes ecuaciones:





Asimismo, Monje y Rodríguez (2016) cita la aportación de Yanfeng Fang y Jun Chang Chang (2014) señalando que la carbonatación se puede dividir en tres etapas: (a) Difusión de CO_2 a través de los poros en la estructura; (b) La disolución del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y el C–S–H (Silicato de calcio hidratado) y (c) La reacción de CO_2 disuelto con todo el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ forma carbonato de calcio CaCO_3 .

Destaca también que cuando todo el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se ha disuelto, el silicato de calcio hidratado (C–S–H) libera iones de calcio (Ca^{2+}) con el fin de mantener el pH, que en presencia de CO_2 el C–S–H comienza a disolverse y finalmente el pH empieza disminuir.

FACTORES QUE AFECTAN LA CARBONATACIÓN

López et al., (2006); Saura (2011); Burgos (2012); Priano y Señas (2013); consideran que el proceso de carbonatación es completamente natural y se ve afectado por las condiciones de exposición del concreto, el avance en la carbonatación depende de CO_2 aunado a variables naturales; precisan también que la concentración promedio del CO_2 en el aire es 0.03% y que puede aumentar de la zona rural a la zona urbana alcanzando valores de 0.1% dependiendo de la actividad industrial que se realice, densidad poblacional y parque automotor, dando lugar a mayores velocidades en la carbonatación. Por su parte (Moreno, 2010 citado por Cruz, 2016; Burgos, 2012; Díaz, 2012) señalan que agentes físicos como la humedad, temperatura, afectan la velocidad de carbonatación, donde la humedad relativa ambiental es un factor determinante, que se acelera en humedades entre 50 – 80% porque a ésta concentración los poros se encuentran parcialmente saturados de agua y permite la formación de ácido carbónico (H_2CO_3); en humedades menores al 50% y mayores al 80% la carbonatación es muy lenta, en la primera debido a que no existe la cantidad de agua necesaria para disolver al $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y en la segunda los poros se encuentran saturados de agua que no permiten el ingreso de CO_2 ; además, el aumento de temperatura hace que las reacciones químicas sean más rápidas debido a un aumento en la movilidad de moléculas e iones y viceversa.

De otro lado, una vez que se degrada el concreto, es una puerta de ingreso de cloruros presentes en el medio cercano al mar, dispersado como aerosoles y en concretos contaminados por agregados, agua y aditivos usados en el proceso constructivo, que junto con el O_2 y H_2O se difunden a través de los poros, afectando al acero de refuerzo que se expande y agrieta al concreto (corrosión) conllevando de esta manera a reparaciones costosas y posterior desvalorización debido a su deterioro estético y funcional (Cruz, 2016; W. Morris y M. Vázquez, s.f.).

Una de las características más resaltantes del concreto es que es un material poroso, porosidad dependiente de la relación agua/cemento, compactación, curado y agregados; a través del cual puede circular cualquier fluido con sustancias agresivas afectando su durabilidad y vida útil de la estructura, alterando través del tiempo su resistencia a la compresión. El concreto al ser una mezcla (cemento, agregados y agua), el aire y el agua toman espacio dentro de este, una vez que fragua debido a la hidratación, el exceso de agua se evapora y el aire escapa dejando millones de poros que al quebrarse se debilitan, permitiendo el paso de sustancias agresivas desde el exterior a través de la capilaridad, volviéndolo permeable, por lo que, a mayor porosidad, mayor transporte de fluidos por lo tanto mayor permeabilidad (López, 2004; Burgos, 2012). De otro lado, toda estructura que queda en contacto con el suelo, absorbe fluidos por capilaridad debido a que el agua sube a la superficie y se evapora por la radiación, generando manchas blancas en los muros (eflorescencia) y el desprendimiento del revestimiento (criptoflorescencia) (Fernández, 2008). En este marco, la humedad proveniente del suelo sobre todo en zonas bajas arrastra sales que reaccionan químicamente con el concreto y el acero deteriorándolo, una buena mezcla en el proceso constructivo evitaría tales efectos, ya que las aguas subterráneas, aguas de lluvia, actividad agrícola con el uso de fertilizantes, descenso del nivel freático (intrusión salina) y el viento que transporta partículas en suspensión (carbonatos, sulfatos y cloruros) contribuyen a la acumulación de sales en los suelos (Mata et al., 2014).

Una estructura de concreto armado que se degrada por CO_2 se determina mediante el frente de carbonatación, que es la profundidad en la que CO_2 ha penetrado y por lo tanto ha modificado su pH variando la alcalinidad, que en la práctica es útil estimarlo con la finalidad de conocer si ha alcanzado las varillas de acero atravesando el espesor de recubrimiento (Del Valle et al., 2001); la técnica más apropiada para medir la profundidad de carbonatación es el método de la fenolftaleína (UNE E 14630:2006; UNE 112011).

En efecto, en el año 2000, Montani en su artículo "La carbonatación enemigo olvidado del concreto", enfatiza que tan importante es esa pérdida del pH en el concreto, ya que este es altamente alcalino que protege y resguarda al acero de la corrosión, creando una capa de óxido (Fe_2O_3) invisible al ojo humano sobre el acero haciéndolo estable, cuando la carbonatación se presenta por acción de la difusión y reacción del CO_2 en los poros con la humedad, ésta capa se desestabiliza y son los iones cloruros presentes en el concreto o el medio los que actúan aunque el proceso es lento, su desarrollo es muy riesgoso para la estructura y costoso de reparar.

DETERMINACIÓN DE LA CARBONATACIÓN

Resistencia a la compresión axial, es una característica mecánica del concreto endurecido y se usa para indicar la calidad de éste; está relacionada con la relación agua – cemento del proceso constructivo, al aumentar esta relación aumenta la porosidad y disminuye la resistencia a la compresión y viceversa (Corro y Ramos, 2015; Vizcaíno, 2014, citado por Licor, 2016) este último evidencia que a medida que aumenta la carbonatación la resistencia a la compresión disminuye, por lo que existirá una mayor profundidad de carbonatación (frente carbonatado).

Método de la fenolftaleína, es una técnica colorimétrica, efectivo, económico y fácil de usar en el terreno. Es apropiado para determinar in situ la profundidad de carbonatación en concreto endurecido (UNE EN 14630:2006), por lo que investigadores como (Rahman & Glasser, 1989; Castellote & Andrade, 2009, citado por Licor, 2016) proponen a la fenolftaleína como el mejor indicador para medir el frente carbonatado y está fundamentado en el cambio de pH, tal como lo señala la UNE 112011 donde el indicador se torna un color rojo – púrpura para valores de pH superiores a 9.5 (concreto no carbonatado) y se vuelve incolora en valores inferiores a 8 (concreto carbonatado), para valores entre 8 y 9.5 se torna entre rosa y rojo púrpura, permitiéndonos determinar de esta manera la degradación del concreto por acción del CO₂ (profundidad de carbonatación), con riesgo de corrosión del acero de refuerzo.

Definición de términos básicos

Agregado: conjunto de partículas gruesas y finas que provienen de la desintegración natural de las rocas y/o son tratadas artificialmente (RNE, 2006).

Aditivo: sustancia que se añade al concreto a fin de modificar sus propiedades (RNE, 2006).

Barlovento: sector de donde proviene el viento con respecto a un punto específico. Área de la edificación que recibe directamente la fuerza del viento (Pacheco y Tohala, 2015).

Carbonatación: proceso por el CO_2 del ambiente se disuelve en la red de poros del concreto, reaccionando con los álcalis del mismo, formando el ion carbonato (CO_3^{2-}) que sustituye a los álcalis (OH^-) (Chávez et al., s.f.).

Cemento: material pulverizado que con agua forma una pasta que endurece en aire y bajo agua (RNE, 2006).

Columna: es un elemento estructural que se usa para resistir y transmitir carga (muerta y viva) de los pisos superiores hacia las zapatas (RNE, 2006).

Compactación: consiste en eliminar el aire atrapado, reduciendo el agrietamiento, consolidando la adhesión del acero – concreto haciéndolo homogéneo, disminuyendo la permeabilidad (Seminario, 2003).

Concreto: mezcla de cemento, agregados, agua y en algunos casos aditivos, usados en proporciones adecuadas (R.NE, 2006).

Concreto armado: concreto que tiene armadura de refuerzo y que ambos materiales actúan para resistir esfuerzos (RNE, 2006).

Corrosión: consiste en la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo cambios en sus propiedades tanto físicas como químicas (Solís et al., 2008).

Curado: consiste en mantener la humedad y temperatura que garanticen la completa hidratación del cementante y el desarrollo de su resistencia potencial, el curado debe iniciarse tan pronto sea posible y se realiza mediante la aspersión de agua fría sobre su superficie una vez que el concreto ha fraguado (Benavides, 2014).

Durabilidad: la capacidad para resistir a la acción del tiempo, cambios de temperatura, ataques químicos, abrasión o cualquier otro proceso de deterioro (Solís, et al., 2005), no solo en la superficie, sino en el interior de la masa que es porosa (Benavides, 2014).

Ensayo de diamantina: consiste en la perforación de la estructura de concreto endurecido, se obtiene los especímenes de concreto con broca tubular a fin de medir la resistencia a la compresión en el laboratorio (NTP339.059 2011).

Fenolftaleína: es un compuesto químico orgánico con fórmula ($C_{20}H_{14}O_4$) que se obtiene por reacción del fenol (C_6H_5OH) y el anhídrido ftálico ($C_8H_4O_3$) en presencia de ácido sulfúrico. Se prepara en alcohol etílico y agua, es un indicador de pH que en disoluciones ácidas permanece incoloro, pero frente a bases toma un color rosado con un punto de viraje entre pH=8,0 (incoloro) a pH=9,8 (rosado) (Aguilar y Velásquez, 2015). Se emplea para determinar la profundidad de carbonatación en concreto endurecido in situ o en laboratorio (UNE EN 14630:2006).

Humedad: es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, la cual no es constante, depende fundamentalmente del grado de evaporación de los océanos u otras fuentes. La humedad del aire está relacionada con la temperatura, si la ésta es mayor más humedad se retendrá en la atmósfera. Existen diversas maneras de referirnos al contenido de humedad en la atmósfera: humedad absoluta. - La cantidad de agua en forma de vapor que tiene cada metro cúbico del aire (g/m^3); humedad relativa. - la cantidad de vapor que tiene el aire comparada con la máxima masa de vapor que podría llegar a contener, se expresa en tanto por ciento (%) (Rodríguez, J., Benito, C. & Portela, L. 2004).

Mortero de concreto: concreto constituido por cemento, agregado fino y agua (RNE, 2006).

Permeabilidad: determina el grado de penetración de agentes agresivos del ambiente, es una propiedad que tiene efectos en la durabilidad, esta intrínsecamente relacionado con la relación agua/cemento (Seminario, 2003).

Presión atmosférica: es la fuerza con que actúan los gases del medio, sobre una determinada área gracias a la gravedad, de allí que en la sierra la presión es menor, porque existe menos gases, confrontado con la costa donde la presión es mayor. Su variación en la superficie costera es menos perceptible comparado con la sierra (Rodríguez, et al., 2004).

Relación agua – cemento: variable relacionada con la porosidad y por ende la resistencia del concreto, a una relación agua cemento baja, reduce la porosidad y aumenta su resistencia y viceversa (Ottasi, 2004).

Resistencia a la compresión: característica mecánica del concreto endurecido, es un indicador de la calidad de éste, medida usada por los ingenieros para diseñar estructuras, se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, se expresa en kg/cm^2 (Corro y Ramos, 2015), es decir es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material, sin romperse.

Sotavento: es el lado opuesto de donde proviene el viento; área de la edificación que no recibe directamente la fuerza del viento (Pacheco y Tohala, 2015).

Temperatura ambiental: la temperatura es una magnitud que se usa para describir el estado de la atmósfera, se genera por el calor del sol que atraviesa la atmósfera provocando que ésta se caliente y eleve su temperatura, la cual es cedida gradualmente a las capas de aire en contacto con ella. En este ciclo continuo cuanto más alejadas están las capas de aire de la tierra menos calor reciben de ésta, por lo que a mayor altura menor temperatura. Existen otros factores que influyen en la determinación de la temperatura del aire, como la existencia de viento que renueva constantemente el aire de un lugar, o la presencia de humedad (Rodríguez et al., 2004).

Trabajabilidad: propiedad del concreto fresco, facilidad o dificultad de mezclarse los materiales, manejarse y transportarse con el fin de dar un buen acabado (Seminario, 2003).

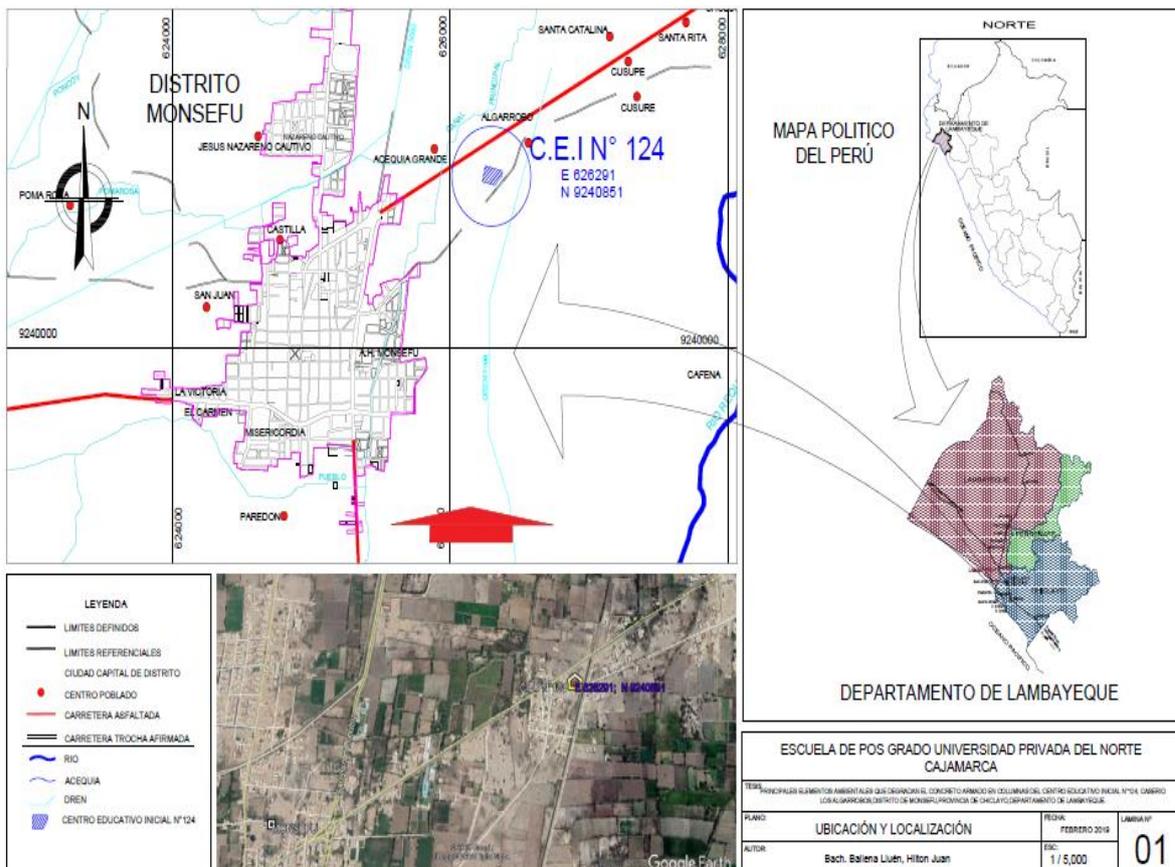
Viento: consiste en el movimiento de aire de una zona a otra, cuando hay una diferencia de presiones y temperatura, generando diferencia de densidades en el aire, por lo que el aire busca compensar ese desequilibrio originando el viento. Esta masa de aire en movimiento presenta dirección, velocidad y mucha variabilidad en el tiempo. Donde la velocidad es la distancia que recorre por unidad de tiempo y dirección sigue la diferencia de presiones de la alta presión a baja presión, sin embargo, la rotación de la tierra, desvía el movimiento del aire (Rodríguez et al., 2004).

III. MARCO INSTITUCIONAL

III.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Geográficamente el centro educativo inicial N° 124, se encuentra ubicado en el Caserío Los Algarrobos, distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, con coordenadas UTM E 626 291 N 9 240 851, según el mapa de ubicación y localización (Figura 3.1.1), a 100 metros al lado sur de la carretera Monsefú – Larán, en el km 1 050, su relieve es llano y está a 11,00 m.s.n.m; tiene como propósito prestar servicios de educación inicial, con un aforo de 16 estudiantes según proyecto. La estructura ha sido construida por el Ministerio de Educación, a través del fondo de cooperación para el desarrollo social (FONCODES) en el año 2006. Es importante precisar que este centro educativo se encuentra ubicado en una zona rural que no presenta gran densidad poblacional, tampoco fábricas, ni industrias.

Figura 3.1.1. Mapa de ubicación y localización del centro educativo inicial N° 124



III.2. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO EDUCATIVO INICIAL N° 124

Físicamente está comprendido por dos ambientes, ambos por un solo nivel y separados a una distancia de 2,50 m, uno es el aula con un patio y el otro son los servicios sanitarios compartidos para damas y varones.

Respecto al aula y patio se ha considerado en un ambiente, el aula propiamente dicha se encuentra techada a dos aguas, limitado por muros y comprende un área de 40,635 m², el patio está libre sin techo, limitado por un muro bajo que comprende un área de 32.068 m². En el siguiente ambiente están considerados el servicio sanitario para damas y varones, techado también a dos aguas, limitado por muros y comprende un área de 20,14 m²; ambos ambientes están unidos y se comunican entre sí interiormente. Los muros tienen una altura de 2,75 m, se encuentran con acabados tanto interior como exteriormente, las puertas son de madera que se abren hacia afuera y las ventanas también son de madera que llevan vidrio.

Con respecto al centro educativo inicial N° 124, presenta columnas de concreto armado que están expuestas al medio ambiente a barlovento y sotavento, por lo que nuestro estudio está basado la degradación de estas, para lo cual se requiere contar con la siguiente información (Ver anexo: plano de la estructura).

Tabla 3.2. 1. Detalles de las columnas de concreto armado

COLUMNAS DE CONCRETO	
Resistencia a la compresión	f'c= 210,00 kg/cm ²
Recubrimiento	3,00 cm a ambos lados
Sección	25 x35 cm
Acero	6 Φ 5/8
Estribos	Φ3/8

Fuente: extraído del plano de la estructura

IV. HIPÓTESIS

IV.1. Declaración de hipótesis

Dentro de los principales elementos ambientales que dañan el concreto armado en las columnas del centro educativo inicial N° 124, es el CO₂ el cual se presupone reacciona y disminuye la alcalinidad del concreto a un pH de 8, afectando de esta manera su resistencia a la compresión axial.

VI.2. Operacionalización de variables

Tabla 4.2.1. Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE UNICA	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSUMOS Y EQUIPOS	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
Principales elementos ambientales que degradan el concreto armado en columnas.	Los principales elementos ambientales que degradan al concreto armado están presentes en nuestra atmósfera, los cuales interactúan afectando al pH del concreto, disminuyendo su durabilidad (Vizcaíno (2014) citado por Licor (2016, p.34).)	Los principales elementos ambientales que degradan el concreto armado en columnas se miden a través de la profundidad de carbonatación y la resistencia a la compresión axial (Campos, 2011 y Burgos, 2012)	Profundidad de carbonatación	Aplicar la fenolftaleína a los núcleos de concreto, verificando el cambio de color y midiendo el frente carbonatado.	Reactivo fenolftaleína	cm	variable
			Resistencia a la compresión axial	Aplicar una carga axial en compresión a los núcleos de concreto, hasta que ocurra la rotura.	Prensa hidráulica	kg/cm ²	variable

Fuente: adaptado de la matriz UPN

IV.3. Propuesta de solución

Después de haber evaluado el concreto armado en las columnas del centro educativo inicial N° 124, Caserío Los Algarrobos, distrito de Monsefú (figura 3.1.2.), queda claro que en todo desarrollo de un proyecto constructivo en el presente y a futuro, se debe considerar las características ambientales propias del lugar por ser parámetros no controlables ni permanentes y esto debido a que la infraestructura queda expuesta a gases como el CO₂ presente en el aire que junto a las variables ambientales como la temperatura, la humedad y el viento interactúan durante y después del proceso constructivo. Adicional a ello es conveniente tener en cuenta los materiales usados, proporciones, mano de obra experta calificada y una supervisión estricta; por eso en todo proceso constructivo, el diseño de mezcla debe presentar una buena dosificación con una baja relación agua – cemento de acuerdo a normatividad que conlleve a una menor porosidad y alcance mejores resistencias, el vaciado, compactado y vibrado del concreto debe seguir una distribución homogénea que minimice la cantidad de vacío, con una sección de recubrimiento mínimo de acuerdo a la norma a partir de la cara externa del acero del estribo para que lo proteja, el encofrado debe estar hidratado y no deteriorado, el curado debe ser de 14 días que garantice alcanzar la resistencia requerida, ya que a barlovento por acción del viento evapora el agua de hidratación, además de acabados en obra como el tarrajeo en mezcla apropiada y pintado, lo cual es fundamental a fin de garantizar la durabilidad a través del tiempo y reducir riesgos.

Gracias al ensayo destructivo del concreto en columnas de estructuras existentes (ensayo de diamantina) y el ensayo químico para la determinación del frente carbonatado (método de la fenolftaleína), pudo determinarse que el revestimiento (mortero) de las columnas C1, C2 y C5 se encuentran degradados por carbonatación debido al impacto de los elementos ambientales; por lo que debe ser remplazado y restaurado en el menor tiempo posible, retirando todo el tarrajeo dañado, a fin de proteger las columnas, sustituyéndolo por un mortero de mejor calidad en una mezcla 1:4 con acabados en las caras expuesta al medio, actuando de esta manera como una barrera para el CO₂ presente en el aire. Asimismo, las columnas C3, C4 y C6 cuyos daños existentes por carbonatación son altos, confirmándose por la baja resistencia a la compresión de estos tres elementos estructurales; no cumpliendo con la resistencia mínima de concreto estructural requerido de acuerdo a la norma E.060, debido a que su degradación es superior al espesor del mortero afectando al concreto que provee de un medio alcalino al acero de refuerzo, por lo que se debe proceder a demoler todo el concreto de la columna, sin retirar la armadura a fin de sustituirlo por una mezcla de mejor calidad, haciendo uso de aditivo. Así mismo clausurar el punto de agua del lavatorio que ha sido instalado en el interior del aula y su respectiva descarga de este próximo a la columna 06 (ver anexos, foto 15), cuya humedad está afectando a su resistencia probablemente por capilaridad, conllevando al riesgo de corrosión del acero a futuro.

De las evidencias anteriores el centro educativo inicial N° 124, en tan solo 10 años de construcción ya ha sido afectado por carbonatación el concreto y mortero de sus columnas, por lo que sería prematuro tener que demoler en un futuro no muy lejano la estructura ya que no brindaría seguridad a sus ocupantes. Debido a ello urge la necesidad de reparar, demoler y restaurar, estimando un presupuesto por trabajos preliminares, en concreto, tarrajeo, pintura de las columnas y otros de 13 095 43 nuevos soles, con un tiempo de ejecución de obra de 10 días aproximadamente (ver anexos, presupuesto).

Por lo anteriormente expuesto, el beneficio principal es la del mejoramiento del concreto que protege al acero de refuerzo en la estructura, ya que ambos cumplen con una función estructural alargando de esta manera su vida útil.

V. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS Y ANÁLISIS

1. ENFOQUE: cuantitativo.
2. TIPO DE INVESTIGACIÓN: aplicada, descriptiva.
3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN: no experimental, transversal y sectorial.
4. MÉTODO: análisis – síntesis; deductivo – inductivo.
5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: no experimental.
6. UNIDAD DE ANALISIS: columnas de concreto armado.
7. POBLACIÓN: 06 columnas de concreto armado del centro educativo inicial N° 124.
8. MUESTRA: 06 columnas de concreto armado del centro educativo inicial N° 124.
9. MARCO MUESTRAL: plano estructural del centro educativo inicial N° 124.
10. TÉCNICA:
 - 10.1. Normas estandarizadas (NTP 339.059.2011, NTP 339034:2013, UNE EN 14630:2006, UNE 112011).
11. INSTRUMENTO:
 - 11.1. Reactivo de fenolftaleína.
 - 11.2. Taladro diamantino y prensa hidráulica.

V.I. DESCRIPCIÓN DE TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS

Identificación del valor de la concentración de CO₂ atmosférico.

Es necesario precisar que el CO₂ atmosférico no está presente dentro de los estándares de calidad ambiental (ECAs) del Ministerio de Ambiente, por consiguiente, tampoco ha sido considerado en el protocolo de la calidad de aire de la dirección general de salud (DIGESA). Por lo anteriormente expuesto se carece de un histórico de datos referente a este gas en el lugar de estudio por parte de las estaciones de monitoreo ambiental y también de un procedimiento estandarizado para medir su concentración; sin embargo, existe una herramienta que nos permite identificar el valor de su concentración a través de un monitor personal inalámbrico para gases que brinda lecturas a tiempo real y en unidades de partes por millón (ppm), compatible con la computadora respecto a los datos de almacenamiento y calibración previo al uso del equipo (ToxiRae Pro, 2011); este sensor se utilizó en el área de estudio (ver anexos, foto 01, 02, 03 y 04) para conocer su valor real y compararlo con el valor señalado en la literatura; de otro lado en las mediciones realizadas se detectó ciertas diferencias en su concentración tanto en horas de la mañana y la tarde; además en el sentido vertical de las columnas a barlovento y sotavento, lo que nos conllevó a tomar un criterio técnico en el momento de obtener las muestras de concreto (ensayo destructivo) en las 03 columnas a barlovento y 03 columnas a sotavento, tanto en la parte inferior, intermedia y superior y mediante ensayos posteriores nos permite conocer la presencia de CO₂ en concreto armado y su resistencia a la compresión axial.

Revisión de la data meteorológica.

Usaremos la información proporcionada por la estación meteorológica, para describir la evolución de los principales parámetros meteorológicos en los años posteriores a la construcción del centro educativo inicial N° 124, que está expuesta al medio ambiente (ver anexos, datos meteorológicos).

Obtención y ensayo de corazones de diamantinos y vigas seccionadas de concreto. NTP 339.059.2011.

Es una técnica para la obtención y ensayo de los especímenes de concreto, cuya finalidad es la de determinar su resistencia a la compresión axial y es un método utilizado para obtener información de resistencias en estructuras antiguas afectadas por la humedad del lugar y temperatura. En este ensayo se debe tener cuidado que las muestras de concreto no contengan refuerzo embebido, caso contrario no deben ser ensayados. La longitud debe estar entre 1,9 y 2,1 veces el diámetro (L/D) (ver anexos, normas). Una vez obtenidas las muestras se les debe secar inmediatamente el agua que se usa para su extracción y colocarlos en bolsas herméticas a temperatura ambiente, transportándolos al laboratorio de pruebas lo más pronto para la preparación al ensayo a la compresión axial con la prensa hidráulica (NTP 339.034:2013).

Procedimiento:

- Se ubicó los puntos donde se extraerán los núcleos de concreto de cada una de las columnas, previo al escáner que se realizó para detectar la ubicación del acero y estribo con la finalidad de no dañarlo (ver anexos, foto 6).
- Se instaló la broca tubular a las columnas de concreto, haciendo uso de agua potable para su extracción.
- Se obtuvo los núcleos de concreto en aproximadamente 30 minutos cada uno, procediéndose a medir su diámetro y largo, también se pudo determinar la longitud del mortero y deducir el recubrimiento (ver anexos, foto 7, 8, 9, 10 y 11).
- Se procedió a secarlos y colocarlos en bolsas herméticas que fueron llevadas al laboratorio de concreto de la universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT), Chiclayo.
- Se procedió a resanar las columnas ensayadas en el centro educativo inicial N° 124.

Determinación de la profundidad de carbonatación en un hormigón endurecido por el método de la fenolftaleína. UNE EN 14630:2006, UNE 112011.

consisten en determinar el estado de carbonatación de un elemento estructural en un momento determinado de su vida, midiendo la profundidad de éste in situ o en laboratorio, por medio de la pulverización de una disolución indicadora de fenolftaleína 1% en muestras tomadas directamente del elemento de concreto endurecido y puestos en servicio. Debe aplicarse desde su cara exterior del elemento de concreto; la técnica se basa en la reducción de la alcalinidad del concreto, que a un pH mayor de 9 produce un color rojo purpura (concreto no carbonatado) y a un pH inferior a 8 se vuelve incoloro (concreto carbonatado) haciendo visible de esta manera los cambios de coloración y asegurando si el acero está protegido o no con riesgo de corrosión. La superficie de concreto a ensayar con fenolftaleína debe estar limpia y medir inmediatamente obtenida la muestra, observar los cambios de color en un lapso de 30 segundos; si no fuera posible ensayarlo en campo se coloca la muestra en un recipiente hermético y ensayarlo máximo en 24 horas. Para estos ensayos se debe conocer la edad del concreto, la humedad relativa del ambiente, la temperatura, vientos y concentración de elementos ácidos (ver anexos, normas).

Finalmente, lo que se pretende conseguir con esta medida es conocer si la carbonatación ha llegado o no hasta la armadura, lo que nos permite establecer si ha podido provocar el desarrollo de la corrosión.

Procedimiento:

- Se procedió a la preparación de la fenolftaleína al 1% en laboratorio. Determinando la masa de 1 gramo de este reactivo en una balanza eléctrica, para luego disolverlo en 70 mL de alcohol etílico en un beacker y trasvasarlo a una fiola de 100 mL de capacidad aforándola con agua destilada; seguidamente se depositó en un recipiente hermético rotulándolo (ver anexos, foto 5).

- Se obtuvo los 06 núcleos de concreto con una broca tubular impregnada en las columnas del centro educativo inicial N° 124, con una aproximación de 30 minutos por extracción de núcleos (ver anterior NTP 339.059).
- Se limpiaron adecuadamente cada núcleo de concreto a ensayar.
- Se aplicó el reactivo fenolftaleína con un pulverizador a cada uno de los núcleos de concreto por separado (ver anexos, foto 12).
- Se observó el cambio de coloración en cada uno de los núcleos de concreto en un tiempo de 30 segundos.
- Se midió este frente carbonatado con una wincha (ver anexos, foto 13)
- Se procedió a colocarlos en bolsas herméticas y enviarlos al laboratorio para ensayos a la compresión axial.

Ensayo para determinar la resistencia a la compresión. NTP 339.034:2013.

Es un ensayo para determinar el esfuerzo a la compresión de probetas cilíndricas de concreto o testigos diamantinos (núcleos de concreto) extraídos de elementos estructurales. Consiste en aplicar una carga axial en compresión en forma continua a los corazones de diamantinos a una velocidad que este dentro de lo especificado antes de que la falla ocurra (rotura de probeta), los bloques a ensayar deben estar limpios. Se calcula por el cociente de carga máxima y el área de sección transversal, este método es usado para el control de calidad del concreto, determinación del cumplimiento de las especificaciones y otros. Los ensayos deben ser realizados por un laboratorio independiente, cuyas máquinas de ensayo deben estar calibradas (ver anexos, normas).

Procedimiento:

- Los núcleos de concreto extraídos previamente, fueron ensayados en el laboratorio, donde se acondicionaron para llevarlos luego a la prensa hidráulica y aplicarles una carga de compresión axial hasta la rotura, reportando los resultados certificados por profesionales a cargo del laboratorio de la USAT – Chiclayo (ver anexos, ensayo en concreto).

Tabla 5.1.1. Ubicaciones de los puntos de muestreo, centro educativo inicial N° 124

Acción del viento	Elemento estructural	Código	Ubicación	Altura (h = m)
Barlovento	Columnas 3	C3	Superior	2,65
	Columnas 2	C2	Intermedio	1,53
	Columnas 1	C1	Inferior	0,10
Sotavento	Columnas 4	C4	Superior	2,66
	Columnas 5	C5	Intermedio	1,53
	Columnas 6	C6	Inferior	0,10

VI. RESULTADOS

6.1. VALORES DE CONCENTRACIÓN DE CO₂ ATMOSFÉRICO EN UN MOMENTO DADO

FECHA 29/04/2016:

HORARIO: MAÑANA

Tabla 6.1.1. Valores de la concentración de CO₂ atmosférico cerca de las columnas de concreto armado, horario mañana.

h (m) columna	A barlovento			Concentración (ppm)	A sotavento			Concentración (ppm)
	0,10 N°01	1,53 N° 02	2,65 N° 03		0,10 N°04	1,5 N° 05	2,66 N° 06	
SUPERIOR	200,00	199,00	199,00	199,33	206,00	215,00	206,00	209,00
INTERMEDIO	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	210,00	190,00	199,67
INFERIOR	188,00	216,00	192,00	198,67	158,00	162,00	163,00	161,00
				199,00				189,89

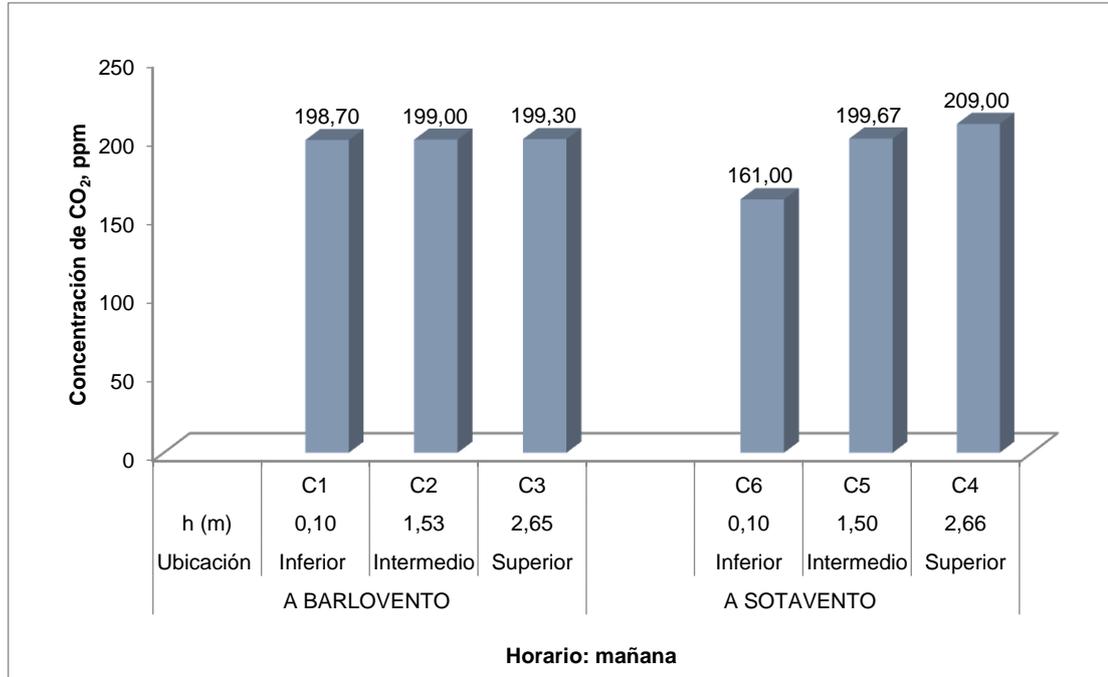
HORARIO: TARDE

Tabla 6.1.2. Valores de la concentración de CO₂ atmosférico, cerca de las columnas de concreto armado, horario tarde.

h (m) columna	A barlovento			Concentración (ppm)	A sotavento			Concentración (ppm)
	0,10 N°01	1,53 N° 02	2,65 N° 03		0,10 N°04	1,5 N° 05	2,66 N° 06	
SUPERIOR	142,00	175,00	215,00	177,33	215,00	215,00	215,00	215,00
INTERMEDIO	89,00	153,00	215,00	152,33	215,00	215,00	215,00	215,00
INFERIOR	89,00	153,00	198,00	146,67	200,00	205,00	203,00	202,67
				158,78				210,89

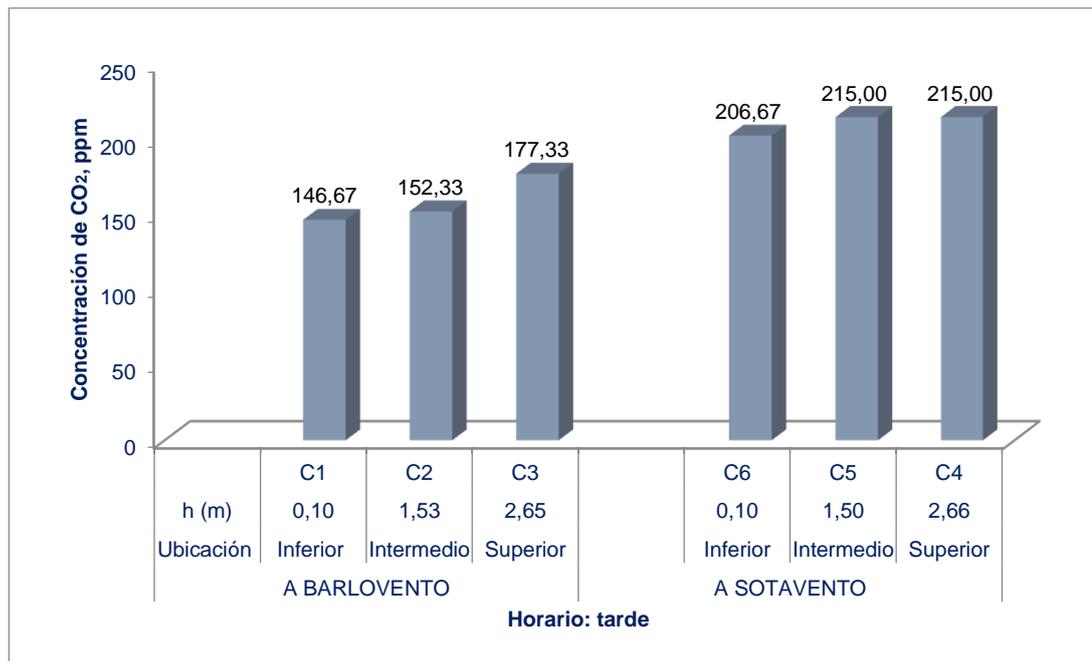
6.1.1. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE CO₂ ATMOSFÉRICO

Figura 6.1.1. Concentración de CO₂ atmosférico cerca de las columnas de concreto armado, a barlovento, horario mañana.



En cuanto a la figura 6.1.1.1., se observa que en los exteriores de las columnas de concreto armado, el CO₂ atmosférico en horas de la mañana a barlovento presenta una distribución ligeramente uniforme de 199,00 ppm y a sotavento la concentración del gas tiende a ser mayor a medida que ascendemos por la columna con valores de 209,00 ppm.

Figura 6.1.2. Concentración de CO₂ atmosférico cerca de las columnas de concreto armado, a barlovento, horario tarde.



La figura 6.1.1.2., muestra que en los exteriores de las columnas de concreto armado en horas de la tarde, la concentración del CO₂ atmosférico se distribuye ascendentemente por las columnas, alcanzando valores de 177,33 ppm a barlovento comparado con sotavento donde la concentración de este gas es mayor con valores de 215,00 ppm.

VI.2. DATA DE LA ESTACIÓN METEORÓLOGICA

Tabla 3.2.1. Promedios anuales de datos meteorológicos, periodo 2006 – 2015

Año	Temperatura (°C)		Viento		Humedad relativa (%)	Presión atmosférica (mb)
	máxima	mínima	m/s	dirección		
2006	26,70	18,10	3,60	SE	78,00	1 009 80
2007	25,00	17,90	2,80	SE	80,00	1 009 80
2008	25,90	18,60	3,50	SE	77,00	1 015 60
2009	25,80	18,40	3,30	SE	76,00	1 015 70
2010	25,40	17,80	3,70	SE	76,00	1 016 30
2011	25,50	17,60	3,50	SE	75,00	1 016 30
2012	26,50	18,90	3,20	SE	75,00	1 015 70
2013	24,70	17,60	2,70	SE	77,00	1 015 90
2014	26,00	18,70	2,70	SE	75,00	1 015 80
2015	26,30	20,30	2,90	SE	72,80	1 015 60
Promedio	25,78	18,39	3,19	SE	76,18	1 014 65

Fuente: estación climatológica principal, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo.

Tabla 6.2.2. Promedio mensual de datos meteorológicos – 2015

Año:2015 mes↓	Temperatura (°C)		Viento		Humedad relativa (%)	Presión atmosférica (mb)
	máxima	mínima	m/s	dirección		
Enero	27,50	20,40	2,80	SE	77,00	1 015 50
Febrero	28,90	21,30	2,30	SE	76,00	1 015 10
Marzo	29,60	22,30	2,20	SE	72,00	1 015 20
Abril	28,80	21,30	2,90	SE	70,00	1 014 20
Mayo	27,50	21,50	3,00	SE	72,00	1 015 30
Junio	24,60	20,50	2,80	SE	75,00	1 015 60
Julio	24,90	19,60	3,20	SE	71,00	1 016 50
Agosto	23,60	18,70	2,90	SE	73,00	1 016 30
Setiembre	24,30	18,30	3,20	SE	71,00	1 016 30
Octubre	24,30	18,10	3,30	SE	71,00	1 016 70
Noviembre	24,60	20,10	3,20	SE	72,00	1 015 70
Diciembre	26,50	20,90	3,10	SE	74,00	1 014 30
Promedio	26,26	20,25	2,91	SE	72,83	1 015 56

Fuente: estación climatológica principal, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo.

Tabla 6.2.3. Promedio mensual de datos meteorológicos – 2016

Año: 2016 mes ↓	Temperatura (°C)		Viento		Humedad relativa (%)	Presión atmosférica (mb)
	máxima	mínima	m/s	dirección		
Enero	27,90	22,40	3,00	SE	71,00	1 016 00
Febrero	30,00	23,10	2,60	SE	65,00	1 013 50
Marzo	30,50	22,50	3,00	SE	65,00	1 015 20
Abril	28,00	20,00	3,40	S.E	70,00	1 015 10
Promedio	29,10	22,00	3,00	S.E	67,75	1 014 95

Fuente: estación climatológica principal de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo.

Tabla 6.2.4. Reporte de datos meteorológicos 29/04/2016, fecha del estudio

Año: 2016 abril ↓	Temperatura (°C)		Viento		Humedad relativa (%)	Presión atmosférica (mb)
	máxima	mínima	m/s	dirección		
29	28,00	19,00	3,20	S.E	70,00	1 012 90

Fuente: estación climatológica principal, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo.

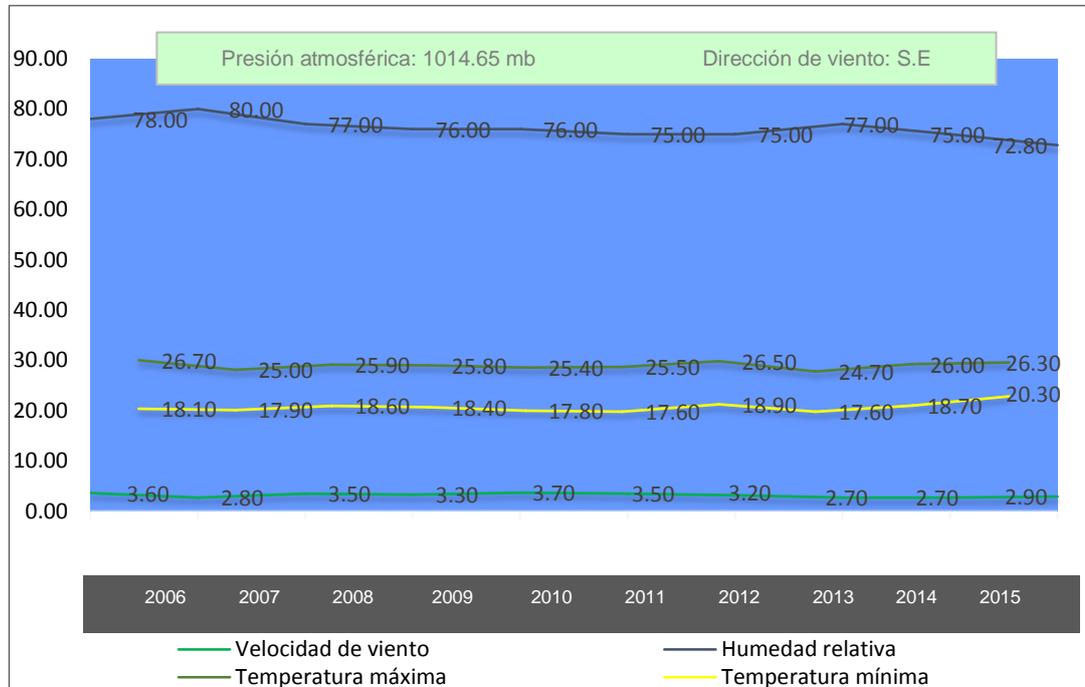
Tabla 6.2.5. Horas de temperatura máxima y mínima

Horario	Temperatura mínima	Temperatura máxima
Horario Invierno	06:30:00 a.m.	13.00 p.m.
Horario Verano	06:30:00 a.m.	12.00 p.m. - 2:00 p.m.

Fuente: ing. Guillermo Uceda Pisfil, oficina de meteorología y climatología, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo

VI.2.1. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

Figura 6.2.1.1. Humedad relativa, velocidad y dirección de viento, temperatura máxima y mínima. Periodo 2006 – 2015.



Se puede apreciar en la figura 6.2.1.1., que en los últimos 10 años, la humedad relativa sufre un descenso aproximado de 7,00 %, con temperaturas máximas superiores a 25,00 °C, temperaturas mínimas que han aumentado de 18,10 °C a 20,30 °C, con dirección de viento dominante sur y este y velocidad de viento variable, así como presión atmosférica de 1 014 65 mb promedio.

Figura 3.2.1.2. Humedad relativa, velocidad y dirección de viento, temperatura máxima y mínima. Periodo 2015.

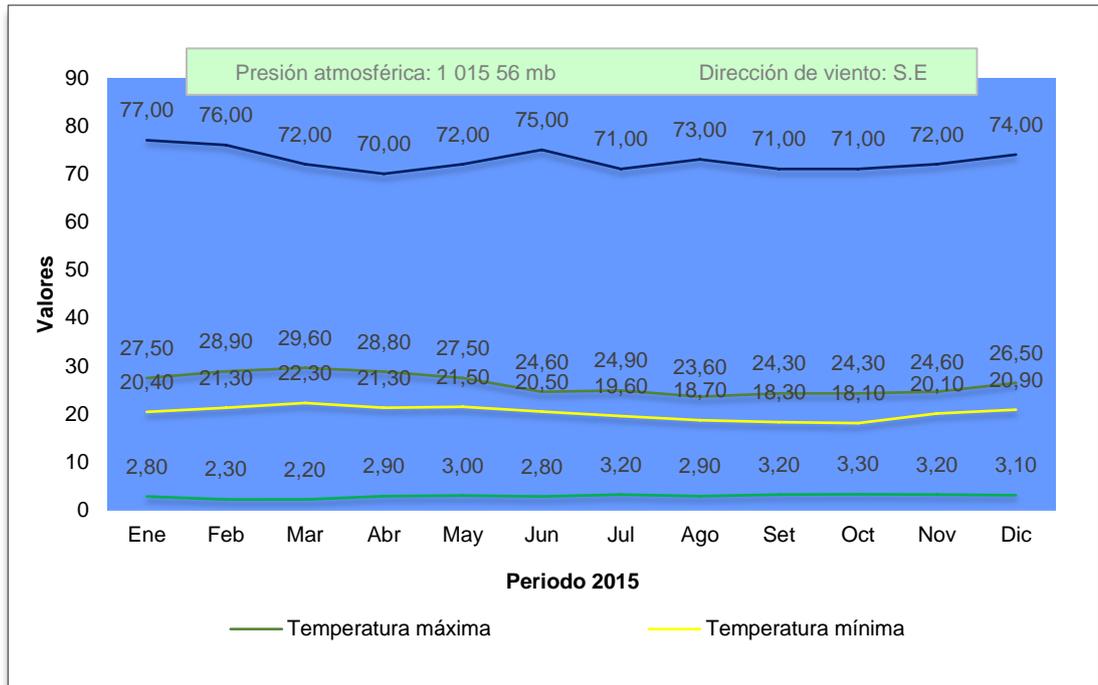


Figura 6.2.1.2., para el año 2015 las variables muestran un comportamiento estacional, así la humedad relativa tiende a disminuir en verano y aumentar en invierno; con dirección de viento dominante sur y este, velocidad del viento variable, presión atmosférica de 1 015 56 mb promedio y con temperaturas máximas de 29,60 °C en verano y mínimas de 18,10 °C en invierno.

Figura 6.2.1.3. Humedad relativa, velocidad y dirección de viento, temperatura máxima y mínima. Periodo enero – abril 2016.

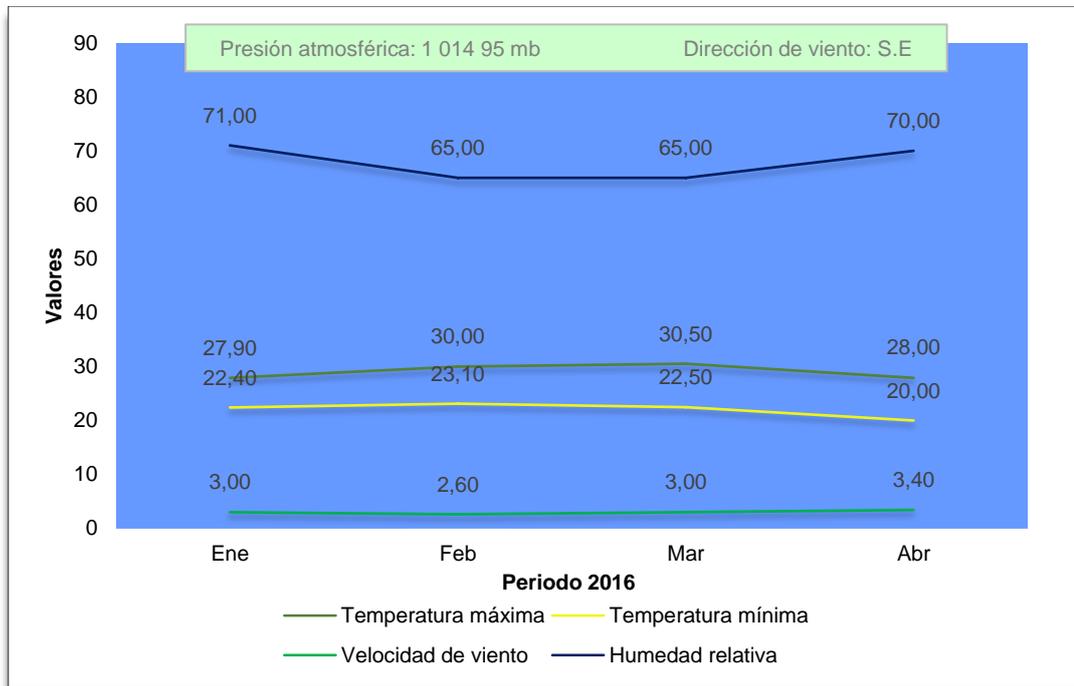


Figura 6.2.1.3., en el año 2016 presenta un descenso de la humedad relativa en los meses de verano a un 65,00 %, con temperaturas máximas y mínimas que alcanzan valores de 30,50 °C y 23,10 °C, con dirección de viento dominante sur y este, velocidad de viento variable y presión atmosférica de 1 014 95 mb; se observa también que este comportamiento varía para el mes de abril debido al cambio estacional.

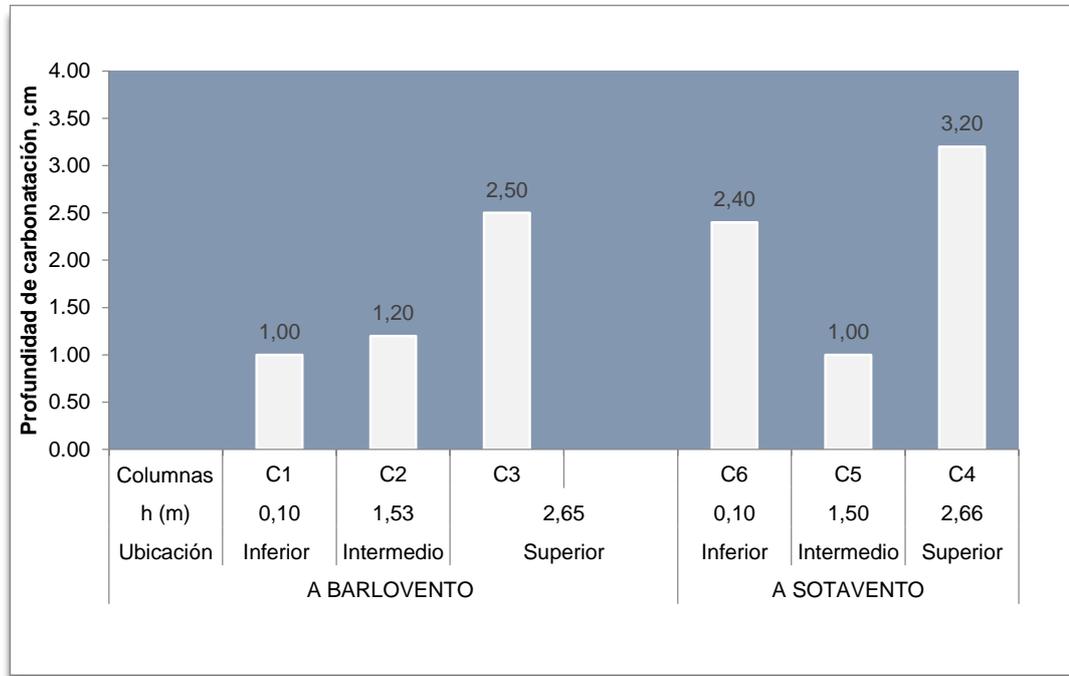
VI.3. PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN EN NÚCLEOS DE CONCRETO DE LAS COLUMNAS DEL CENTRO EDUCATIVO INICIAL N° 124.

Tabla 6.3.1. Ensayo del frente carbonatado (método de la fenolftaleína)

Acción del viento	Elemento estructural	Código de la muestra	h (m)	Ubicación	Recubrimiento de la columna existente		Longitud del frente carbonatado d_k (cm)	Método de la fenolftaleína		Observaciones	
					Concreto (cm)	Mortero (cm)		Concreto no carbonatado (rojo-purpura)	Concreto carbonatado (inoloro)		
	Columna 3	C3	2,65	Superior	2,00	1,30	2,50		inoloro	La carbonatación avanza hacia el concreto de la columna.	
Barlovento	Columna 2	C2	1,53	Intermedio	2,00	1,30	1,00		inoloro	La carbonatación afecta al mortero de la columna.	
	Columna 1	C1	0,10	Inferior	2,00	1,30	1,20		inoloro	La carbonatación afecta al mortero de la columna.	
	Columna 4	C4	2,66	Superior	2,00	1,30	3,20		inoloro	La carbonatación avanza hacia el concreto de la columna.	
Sotavento	Columna 5	C5	1,50	Intermedio	2,00	1,30	1,00		inoloro	La carbonatación afecta al mortero de la columna.	
	Columna 6	C6	0,10	Inferior	2,00	1,30	2,40		inoloro	La carbonatación avanza hacia el concreto de la columna.	
					3,30						

VI.3.1. ANÁLISIS DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN

Figura 6.3.1.1. Profundidad de carbonatación en núcleos de concreto de las columnas del centro educativo inicial N° 124, a barlovento y sotavento.



En la figura 6.3.1.1., se puede notar que la profundidad de carbonatación (d_k) en las columnas de concreto armado a barlovento es mayor en la parte superior, con 2,50 cm frente a 1,00 cm en la parte inferior, similar comportamiento presenta las columnas a sotavento excepto en la columna 6 donde d_k en la parte inferior tiende a ser mayor con valor de 2,40 cm.

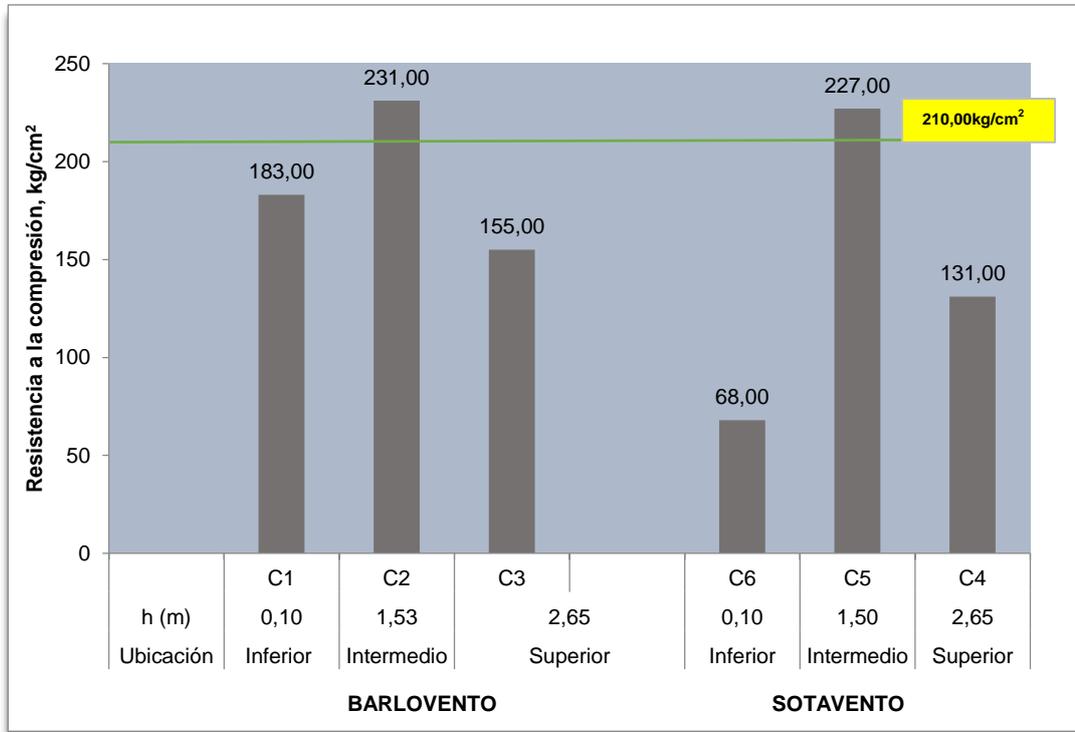
VI.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN NÚCLEOS DE CONCRETO DE LAS COLUMNAS DEL CENTRO EDUCATIVO INICIAL N° 124.

Tabla 6.4.1. Ensayo de la resistencia a la compresión axial

Acción del viento	Elemento estructural	Código de la muestra	h (m)	Ubicación	Ensayo de resistencia f'_c (kg/cm ²)
		C 3	2,65	Superior	155,00
Barlovento	Columna	C 2	1,53	Intermedio	231,00
		C 1	0,10	Inferior	183,00
		C 4	2,66	Superior	131,00
Sotavento	Columna	C 5	1,50	Intermedio	227,00
		C 6	0,10	Inferior	68,00

VI.4.1. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL

Figura 6.4.1. 1. Resistencia a la compresión axial en los núcleos de concreto de las columnas del centro educativo inicial N° 124, a barlovento y sotavento.



En la figura 6.4.1.1, en el lado de la estructura tanto a barlovento como a sotavento muestran una resistencia a la compresión axial menor en las partes superiores de las columnas y mayor en las partes inferiores de la columna, excepto en la columna 6 donde la resistencia a la compresión es muy baja con 68,00 kg/cm², también en las columnas 2 y 5 muestran resistencias superiores a la de su diseño (210,00 kg/cm²).

VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

VII.1. DISCUSIÓN

Si bien Moreano y Palmisano (2012) señalan la importancia que tiene el CO₂ en la degradación del concreto (carbonatación) frente a otros gases, (Valdez, 1998; López et al., 2006; Solís et al., 2008; Burgos, 2012) manifiestan que su concentración de este gas en el aire es de 300 ppm; sin embargo (Campos, 2011) agrega que los valores del CO₂ no se deben generalizar, muchos son referenciales ya que una zona urbana es diferente de una rural, además existen microclimas en los diferentes lugares, por lo que recomienda medir este gas en estructuras existentes, por ello se hace necesario conocer la concentración del CO₂ en el lugar de estudio (figura 3.1.1) y no habiendo una data referente al monitoreo de este gas por organismos competentes, es que se determinó el valor de la concentración del CO₂ cerca de las 06 columnas de concreto armado del centro educativo inicial N° 124 (tabla 5.1.1) lo cual nos reporta valores que se encuentra por debajo del valor promedio teórico señalado (300 ppm) con una marcada variabilidad de su concentración tanto a barlovento como a sotavento y en horarios distintos; en la figura 6.1.1 horario mañana y figura 6.1.2 horario tarde muestra un incremento de su concentración de este gas a medida que ascendemos verticalmente en las columnas a barlovento y sotavento (los resultados se muestran en las tablas 6.1.1 y 6.1.2) y ello debido a la influencia de la temperatura y viento, tal como lo precisa (Martínez, 1995) donde estos factores físicos impactan, transportan y generan movilidad en las moléculas afectando a la estructura.

Respecto al registro meteorológico obtenido de los últimos 10 años (2006 - 2016) posteriores a la construcción del centro educativo inicial N° 124, tal como se puede observar en las tablas 6.2.1, 6.2.2, 6.2.3 y 6.2.4 donde el comportamiento de la temperatura máxima y mínima muestra un ligero incremento, así como aumento y disminución propios de las estaciones constantes de cada año (figura 6.2.1.1, 6.2.1.2 y 6.2.1.3), conllevando a una mayor velocidad de reacción de las sustancias involucradas sobre todo en horas de temperatura máxima (tabla 6.2.5) donde las reacciones químicas son más rápidas por el incremento en la movilidad de las moléculas, así como su influencia en el comportamiento de los gases, debido al aumento de su volumen y disminución de su densidad permitiendo el ascenso de este (CGTA, 2012). Por su parte la velocidad del viento muestra también una variabilidad propia de esta variable meteorológica en el tiempo (figura 6.2.1.1, 6.2.1.2 y 6.2.1.3) con vientos dominantes procedentes del sur y este (S.E), este parámetro es importante ya que transporta gases e impacta sobre el concreto poroso, afectando la cara expuesta a la acción mecánica del viento (Chávez, s.f., y Martínez, 1995). Su presión atmosférica es casi constante propia de la zona costera, en cuanto a la humedad relativa decreció aproximadamente en un 7,00 %

en los últimos 10 años (figura 6.2.1.1, 6.2.1.2 y 6.2.1.3), dando lugar a la difusión de CO₂ atmosférico a través de la red de poros del concreto relacionados con la relación agua/cemento y otros (Del Valle et al., 2001; López, 2004; Burgos, 2012; CGTA, 2012) degradando de esta manera al concreto durante el periodo 2006 – 2016, tal como lo precisan (Aguilar, 2007; Cerna y Galicia, 2010; Moreno Briones, 2010 citado por Cruz2016; Burgos, 2012; Díaz, 2012) donde agentes físicos como el incremento de temperatura y la humedad relativa entre 50 – 80% afectan la velocidad de carbonatación, ya que a esta concentración los poros se encuentran parcialmente saturados de agua, con gran movilidad de gases como el CO₂ que permite la formación de ácido carbónico quien reacciona con el hidróxido de calcio formando carbonatos y disminuyendo el pH afectando al acero de refuerzo (Rojas, 2006; Saura, 2011; Josefina, 2005; Burgos 2012).

La concentración del CO₂ atmosférico aunado a las variables ambientales descritas, influye en la profundidad de carbonatación (d_k) ensayados en los núcleos de concreto en columnas existentes del centro educativo inicial N° 124 con resultados detallados en la tabla 6.3.1, que a través del método de la fenoltaleína (Rahman & Glasser, 1989; Castellote & Andrade, 2009, citado por Licor 2016; UNE EN 14630:2006; UNE 112011; Escalante, 2010) se observa que las partes superiores de las columnas se encuentran más carbonatadas que las partes inferiores tanto a barlovento y sotavento, tal como se muestra en la figura 6.3.1.1, lo que nos permite deducir la influencia del viento y el comportamiento del CO₂ atmosférico distribuido ascendentemente en horas de temperatura máxima, donde habrá mayor movilidad de las moléculas, afectadas por la humedad relativa (Burgos, 2012 y CGTA, 2012); en la zona a sotavento la columna 6 (C6) se esperaría que se encuentre menos impactado en la parte inferior sin embargo desarrolla un mayor frente carbonatado, lo que es posible atribuirle a su relación agua/cemento, compactación, curado durante el proceso constructivo ejecutado en el año 2006 y además factores externos como la fuente de agua permanente y cercana a esta columna (Posada, s.f., y Del Valle, et al., 2001; Mata et al., 2014) que hacen que desarrolle mayor porosidad favoreciendo el ingreso de agentes que degradan el concreto; a lo anteriormente expuesto es importante señalar que las 06 columnas de concreto armado estudiadas están diseñadas para un recubrimiento de 3,00 cm a ambos lados (tabla 3.2.1) no cumpliendo con lo estipulado en el RNE. E 0.60: concreto armado, sin embargo, en obra se consideró 3,30 cm en total entre concreto y mortero, medición realizada luego de extraer los núcleos de concreto y ubicación del estribo y el acero con el escáner que se le practicó a las columnas; dejando de esta manera a los factores agresivos un camino muy corto por recorrer.

La resistencia a la compresión axial ensayados en los 06 núcleos de concreto extraídos de las columnas existentes (NTP 339.034.2013) del centro educativo inicial N° 124 según se aprecia en la tabla 6.4.4, nos permite observar cierta tendencia a la relación inversa entre

el frente carbonatado y la resistencia a la compresión axial (figura 6.4.1.1) y esto debido a que a medida que aumenta la carbonatación la resistencia a la compresión disminuye (Campos, 2011; Vizcaíno, 2014 citado por Licor 2016), excepto la columna 6 (C6) en la parte inferior a sotavento la resistencia es muy baja debido a que su profundidad de carbonatación es amplia, como se refirió se le atribuye a la relación agua/cemento (Posada, s.f.), malas prácticas constructivas y calidad de los materiales (Andrade, s.f.; Solís et al., 2005) así como la presencia de una fuente de agua constante en el suelo muy cercano a esta columna, producto de la descarga de un lavatorio instalado internamente en el aula para el lavado de manos de los estudiantes (anexos, foto 15), quedando expuesta a la humedad, que afecta al concreto por capilaridad (Mata et al., 2014) conllevando todo ello a la baja durabilidad en el tiempo. Se precisa que su resistencia a la compresión está por debajo de la resistencia de diseño $210,00 \text{ kg/cm}^2$ según se corrobora en la (tabla 3.2.1), no cumpliendo con la resistencia mínima que señala el RNE. E 060; Excepto la columna 2 (C2) con valor de $231,00 \text{ kg/cm}^2$ y columna 5 (C5) con valor de $227,00 \text{ kg/cm}^2$ (figura 6.4.1.1) cuyas resistencias mayores son atribuibles al proceso constructivo. Finalmente cabe señalar que la resistencia depende tanto del concreto como del acero, cualquiera que se deteriore disminuye su resistencia y compromete a la estructura como un todo (Escalante, 2010).

VII.2. CONCLUSIONES

- 7.2.1. Dentro de los principales elementos ambientales que degradan el concreto armado en columnas del centro educativo inicial N° 124, se encuentra el CO₂ atmosférico el cual reacciona y disminuye la alcalinidad del concreto a un pH de 8, afectando la resistencia a la compresión axial, confirmándose de esta manera la hipótesis de investigación.
- 7.2.2. El valor de la concentración del CO₂ cerca de las columnas de concreto armado del centro educativo inicial N° 124, está por debajo de valores preestablecidos (300 ppm) con cierta variabilidad tanto a barlovento como a sotavento, debido a que es una zona rural que no presenta actividad industrial, sin fábricas y baja densidad poblacional, dichos valores obtenidos no se pueden generalizar para otros lugares ya que depende de microclimas de exposición; existe una variación de su concentración conforme ascendemos por la columna, relacionado con el ascenso de temperatura durante el día que influye en la velocidad de reacción de las sustancias intervinientes en el proceso y la velocidad y dirección de viento que contribuye con la dispersión y concentración de este gas, quien interactúa con el concreto armado de las columnas conllevándolo a la degradación por la pérdida de alcalinidad y disminución de la protección del acero de refuerzo.
- 7.2.3. La obtención de la data de la estación meteorológica (periodo 2006 – 2016), nos permite determinar la evolución de las variables ambientales durante el tiempo que el centro educativo inicial N° 124 ha quedado expuesta al medio ambiente; es así que el clima de la zona de estudio brinda las condiciones para el desarrollo de la carbonatación, con temperaturas ligeramente superiores a 25,00 °C, humedad relativa del 70,00 % y viento sur este, que aunados al CO₂ del aire, favorecen el ingreso y difusión de ésta sustancia a través de los poros presentes en el concreto.
- 7.2.4. El ensayo para demostrar la presencia del CO₂ en el concreto armado es a través del método de la fenolftaleína, prueba que nos permite precisar que en tan solo 10 años de construcción del centro educativo inicial N° 124, el recubrimiento de las columnas ya se encuentran marcadas por la carbonatación, tanto en el mortero de 1,30 cm (C₁,C₂,C₅) como en el concreto de 2,00 cm (C₃,C₄,C₆), producto del CO₂ y variables ambientales que interactúan con la estructura, por lo que se debe proceder a repararlo.
- 7.2.5. La medición de la resistencia a la compresión axial de los 06 núcleos de concreto extraídos a las columnas del centro educativo inicial N° 124, nos permite reconocer la calidad del concreto con el que se cuenta, además de observar que guarda cierta relación inversa con el frente carbonatado; por lo que a mayor carbonatación existe menor resistencia a la compresión axial y viceversa, con ciertas excepciones atribuibles al proceso constructivo,

conllevarlo así a una baja durabilidad en el tiempo de la estructura que queda expuesta al medio ambiente.

VIII. RECOMENDACIONES

Siendo el proceso constructivo el que repercute en el avance de la carbonatación con un gran impacto económico, se recomienda ubicarse en el punto de partida de todo proceso constructivo haciendo cumplir la normatividad por parte de los responsables de la obra, con la concepción de concretos de buena calidad, que dependen de la calidad de los materiales, un apropiado diseño de mezcla, con espesores de recubrimiento mínimo de 4 cm a la cara externa del estribo, una adecuada elaboración y colocación en obra, así como especificaciones técnicas, que garanticen un ahorro económico en mantenimiento y reparaciones futuras, producto de la interacción con el medio ambiente.

Realizar una rutina de inspección de infraestructuras existentes, levantamiento de daños y tratamiento (eliminación y restauración del concreto), a fin de frenar y controlar la degradación con repercusión en la corrosión del acero de refuerzo, prolongando la vida útil de las obras civiles, por lo que el mantenimiento debe de ser periódico.

Toda obra debe culminarse con el tarrajeo de la estructura, a fin de proteger las caras que quedan expuestas al medio ambiente agresivo; porque a largo plazo será más ventajoso y económico, que tener que asumir costos elevados al demoler la estructura prematuramente.

Se deberá proteger al acero de las columnas (mechas) que queda expuestas al medio ambiente, con concreto de las mismas características del diseño, a fin de prevenir la corrosión interior del acero de refuerzo, que tensiona y fisura al concreto.

Implementar monitoreos frecuentes del gas CO₂ por autoridades competentes, con la finalidad de tener una data real y poder relacionarlos con los parámetros ambientales.

Realizar más estudios de degradación del concreto en estructuras existentes en diferentes climas de exposición.

Ser amigables con el medio ambiente, dotando de áreas verdes los espacios públicos y privados, que nos permitan la absorción de CO₂ mejorando la calidad del aire y condiciones ambientales, disminuyendo también la velocidad de viento y previniendo la degradación del concreto.

LISTA DE REFERENCIAS

- Aguilar, C., Camilo, J. & Velásquez B., J. (2015). *Evaluación de presencia de carbonatación en los puentes vehiculares de la zona puente Aranda, Kennedy y Engativá*. (Tesis Ingeniería Civil). Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Católica de Colombia. Bogotá. p. 19. [En línea] recuperado de: <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2419/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20FINAL.pdf>
- Aguilar Mundaca, R. (2007). *Determinación de la influencia de las nanomoléculas de sílice en el concreto frente a un factor que afecta su durabilidad*. (Tesis ingeniería civil). Universidad Austral de Chile. Valdivia – Chile. pp. 12, 52, 54, 55. [En línea] recuperado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmficia2831d/doc/bmficia2831d.pdf>
- Andrade, C. (s.f). *Vida útil de estructuras de hormigón armado: obras nuevas y deterioradas*. Instituto de ciencias de la construcción. Asociación argentina de tecnología del hormigón .Madrid–España. pp. 7, 8. Disponible [versión electrónica] recuperado de: http://imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Durabilidad%20del%20concreto/4%20Vida%20Util%20de%20Estructuras%20de%20Hormigon%20Armado_Obras%20Nuevas%20y%20Deterioradas.pdf
- Benavides, R. (2014). *Concreto de alto desempeño*. (Tesis Magister en Ingeniería Civil). Escuela Colombiana de Ingeniería. Julio Garavito. Bogotá. Colombia. pp 31, 33. [En línea] recuperado de: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/189/1/CF-Maestria%20Ingenier%C3%ADa%20Civil-87060970.pdf>
- Burgos Sánchez, M. (2012). *Influencia del tipo de curado en la velocidad de carbonatación en vigas de concreto simple expuestas a un medio marino*. (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad veracruzana. Facultad de ingeniería civil, Región Xalapa, México. pp. 4, 25, 40, 41, 42, 56.
- Brown. T; Lemay H; Bursten, B; & Burdge, J. (2004). *Química la ciencia central*. (9.ª ed.). México: Editorial Pearson. p. 380.
- Campos, Silva, A. (2011). *Estudio de la carbonatación del concreto en condiciones aceleradas y naturales: aplicación al ambiente de la zona metropolitana de Monterrey*. (Tesis de maestría en ciencias). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. p 51. [En línea] recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/2327/1/1080224574.pdf>

- Cerna V & Galicia G. (2010). *Vida útil en estructuras de concreto armado desde el punto de vista de comportamiento del material*. (Trabajo de investigación). Universidad Privada Antenor Orrego. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Trujillo – Perú. pp. 3, 37, 39, 56. [En línea] recuperado de: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/109/2010/12/Corrosion-UPAO.pdf>
- Chávez, U., Pérez L., Reyes T., Corvo P. & Osorno C. (s.f). *Carbonatación de concreto en atmósfera natural y cámara de carbonatación acelerada*. Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche. México. p. 2, 11. [En línea] recuperado de: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=54acd855-7d3b-4cb1-845b-e463e80b1c6e%40sessionmgr120&vid=0&hid=122>
- Corro M. & Ramos M. (2015). *Correlación entre el índice de madurez de una mezcla de concreto y su resistencia a la compresión*. (Tesis de Ingeniero Civil). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú. p.3. [En línea] recuperado de: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1143/1/CORRO_HENRY_CORRELA_CI%C3%93N_%C3%8DNDICE_MADUREZ.pdf
- Cruz Coronel, C. (2016). *Análisis patológico de la carbonatación de muelles en ambiente salino, caso muelle N° 2 de la base naval de Guayaquil*. (Trabajo maestría). Universidad de Guayaquil. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Ecuador. pp 8, 9, 10. [En línea] recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15885/1/analisis%20de%20la%20carbonatacion%20de%20muelles%20en%20ambiente%20salino.pdf>
- Centro de Gestión y Tecnología Ambiental (2012). *Monitoreo y Evaluación de la Calidad ambiental. Variables Meteorológicas y Modelos de Dispersión*. Departamento de Ingeniería Ambiental y meteorología. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima.
- Del Valle M., Pérez L. & Martínez M. (2001). *El fenómeno de la corrosión en estructuras de concreto reforzado*. Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Querétaro. pp. 30, 35, 39, 43. [En línea] recuperado de: <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt182.pdf>
- Díaz Camacho, S. (2012). *Estimación del impacto del tiempo de corrosión en la evolución del riesgo de estructuras de concreto reforzado*. (Tesis Doctorado). Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de México. Toluca, México. p. 14. [En línea] recuperado de:

http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/58052/Tesis_doctorado_sergio.pdf?sequence=1

Escalante, D. (2010). *Durabilidad del concreto armado en viviendas de zonas costeras por acción del medio ambiente en la conurbación Barcelona, Lechería, Puerto la cruz y Guanta del estado Anzoátegui*. (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Departamento de Ingeniería Civil. Barcelona, España. pp.30, 58.

Fernández Curotto, J. (2008). *Humedad proveniente del suelo en edificaciones*. (Tesis de ingeniería civil). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile. Santiago Chile. pp. 13, 18, 19. [En línea] recuperado de: http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2008/fernandez_jc/sources/fernandez_jc.pdf.

Ferradas, P. (2017). *Riesgos, desastres y reconstrucción en las ciudades de la costa peruana*. Cuadernos urbanos. Colectivo Habidad Perú. Lima. p. 17. [En línea] recuperado de: <http://repo.floodalliance.net/jspui/bitstream/44111/2567/1/Cuadernos%20Urbanos%20NOVIEMBRE%202017%20FINAL.PDF>

Florentin, S. & Granada R. (2009). *Patologías constructivas en edificios. Prevenciones y soluciones*. Facultad de Arquitectura, diseño y arte. Universidad Nacional de Asunción. pp 4,5. [En línea] recuperado de: <http://www.cevuna.una.py/inovacion/articulos/05.pdf>

Galán García, I. (2011). *Carbonatación del hormigón: combinación de CO₂ con las fases hidratadas del cemento y frente de cambio de pH*. (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid. España. pp 3. [En línea] recuperado de: <http://eprints.ucm.es/14424/1/T33374.pdf>

Gaspar T. & Muñoz P. (s.f). *Acción del CO₂ sobre un cemento portland: Influencia sobre las características químicas y fisicomecánicas*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España. p.37. [En línea] recuperado de: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/1196/1330>

Hernández Sampiere, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6.^a ed.). México. Editorial Mc Graw Hill. p.33, 354.

- Josefina Positieri, M. (2005). *Propiedades fisicomecánicas y durabilidad del hormigón coloreado*. (Tesis doctoral). Facultad Regional Córdoba. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina. pp. 78, 79. [En línea] recuperado de: <http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/09/TESIS-Maria-Positieri.pdf>
- Martínez Ramírez, M. (1995). *Desarrollo de nuevos morteros de reparación resistentes al ataque biológico*. (Tesis doctorado). Instituto de ciencias de la construcción. Universidad Complutense de Madrid. España. p. 17. [En línea] recuperado de: <http://biblioteca.ucm.es/tesis/19911996/X/0/X0010801.pdf>
- Mata, F., Rodríguez, G., M; López, B., & Vela, C. (2014). *Dinámica de la salinidad en los suelos*. Revista digital del departamento el hombre y su ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Laboratorio de Edafología. Distrito Federal, México, 1 (5). pp. 36, 37. Recuperado de: http://cbs1.xoc.uam.mx/e_bios/docs/2014/05_salinidad_en_suelos_espanol.pdf.
- Monje Lonbo, C. & Rodríguez Villareal, D. (2016). *Carbonatación acelerada en agregados reciclados de concreto y evaluación de su desempeño en mezclas de concreto para vías*. (Maestría en construcción). Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Santo Tomas. p.34. [En línea] recuperado de: <http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/3875/Monjecarlos2016.pdf?sequence=1>
- Montani, R. (2000). *La carbonatación: enemigo olvidado del concreto*. Instituto mexicano del cemento y del concreto. Revista construcción y tecnología. Recuperado de: <http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/carbonatacion.htm>
- Moreano Bohórquez, D. & Palmisano Patrón, A. (2012). *Nivel de afectación de la contaminación atmosférica y sus efectos en la infraestructura del campus universitario debido a la emisión de partículas PM₁₀ y CO*. (Tesis de Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima – Perú. p. 35.
- Mundaca, M. & Boullosa, G. (2007). El viento como alternativa de sustentabilidad ambiental. Seminario de diseño industrial II. Universidad de Chile. p.p. 27,40.

- Nieves, M., Nava, V., Rolón, A., Garza, F., Hervert, Z., Torres, A. & Baltasar, Z. (2006). *Influencia del medio ambiente en la durabilidad del concreto planteamiento del proyecto Duracon*. Ciencia UAT. Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. pp. 54, 55.
- Norma técnica peruana 339.059 2011. (2011). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la obtención y ensayo de corazones de diamantinos y vigas seccionadas de concreto*. (3.^a ed.). Lima Perú: Indecopi.
- Norma técnica peruana 339.034. (2013). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas* (3.^a ed.). Lima Perú: Indecopi.
- Norma española UNE EN 14630. (2006). *Determinación de la profundidad de carbonatación en un hormigón endurecido por el método de la fenoltaleína*. Madrid, España: AENOR.
- Norma española UNE 112011. (2011). *Determinación de la profundidad de carbonatación en un hormigón endurecido y puestos en servicio*. Madrid, España: AENOR.
- Norma técnica. 2009. *Metrados para obras de edificaciones y habilitaciones urbanas*. Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. [En línea] recuperado de: www.vivienda.gob.pe
- Licor, C. (2016). *Evaluación de la carbonatación en hormigones elaborados con cemento de bajo carbono LC*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Construcciones. Departamento de Ingeniería Civil. Santa Clara. pp. 32. 34. [En línea] recuperado de: <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7393/Tesis%20Adrian%20Licor.%20Carbonataci%C3%B3n..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, C., Pérez, Q., Torres, A., Martínez, M., Martínez, M., Ariza, A., Zamudio, C., Genescá, L. & Valdez, S. (2006). *Durabilidad de la infraestructura de concreto reforzado expuesta a diferentes ambientes urbanos de México*. Instituto Mexicano de Transporte. pp. 14, 15, 17, 140. [En línea] recuperado de: <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt292.pdf>
- López, O. (2004). *Porosidad del concreto*. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. pp 1, 2, 33, 34, 41, 42. [En línea] recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2394_C.pdf

- Orozco, M., Ávila, Y., Restrepo, S., Parody, A. 2018. *Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón*. En revista ingeniería de la construcción. Universidad de la Costa. Barranquilla. Colombia, 33(2) p. 161. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732018000200161
- Ottasi Passino, G. (2004). *Material de apoyo para la enseñanza de los cursos de diseño y comportamiento del concreto armado*. (Tesis de Maestría). Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Católica del Perú. p. 9. [En línea] recuperado de: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1055/OTTAZZI_PASINO_GIANFRANCO_MATERIAL_ENSE%C3%91ANZA_CONCRETO_ARMADO.pdf
- Pacheco Erazo, Alex; Tohala Parrales, Hugo. (2015). *Comparación de métodos para el cálculo de carga de viento usada en la construcción de edificios en el Ecuador*. (Tesis ingeniería Civil). Universidad de San Francisco de Quito. Ecuador. 2015. pp. 31,32.
- Pérez, L. (s.f). *Concreto armado y alteraciones*. Centro de investigaciones de corrosión. Universidad autónoma de Campeche. México. pp. 85, 86. [En línea] recuperado de: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/5422-9579-1-PB.pdf>
- Perepérez, V., Barbera, O. & Andrade, P. (1987). *La agresividad ambiental y la durabilidad de las estructuras de hormigón*. Informe de la construcción, 38 (388). p. 18. Recuperado de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/87110/1/20-11-2013-di.pdf>
- Petrucci, R. H; Geoffrey Herring F; Madura J; & Bissonnette, C. (2011). *Química general*. (10.^{ma} ed.). Madrid, España: Pearson. pp. 200, 209.
- Perú. Ministerio del Ambiente (2017). Decreto supremo N° 003 – 2017 MINAM: Estándares de calidad ambiental, monitoreo de calidad de aire. Lima. Perú. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-003-2017-MINAM.pdf>
- Posada, B. (s.f). *La degradación del concreto armado*. Revista Universidad Eafit. Ingeniería Metalúrgica. Universidad de Antioquia. pp. 83, 84, 86. [En línea] recuperado de: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1417/1289>
- Priano, C. y señas, L. (2013). *Carbonatación de estructuras de hormigón ubicadas en ambiente urbano y rural*. International Journal of Innovation and Applied Studies. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. 2(1). pp 6,7.

- Valdez Tamez, P. (1998). *Efecto del dióxido de carbono en morteros de cemento hidráulico con ceniza volante*. (Tesis Maestría en Ciencias). Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Civil. México. pp. 1, 2. [En línea] recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/7230/1/1080087077.PDF>
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2006). *Consideraciones generales de las edificaciones. Estructuras. Concreto armado*. Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. Título III. E.0.60. Capítulo 2, 3 y 4. pp. 245, 249, 252, 280. [En línea] recuperado de: www.urbanistasperu.org
- Rodríguez, J., Benito, C. & Portela, L. (2004). *Unidad didáctica, meteorología y climatología. Semana de la ciencia y tecnología*. Fundación española de ciencia y tecnología. pp. 12 – 40. [En línea] recuperado de: <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>
- Rojas Keim, L. (2006). *Estudio de la durabilidad de estructuras antiguas de hormigón armado, con énfasis en la corrosión de las armaduras*. (Tesis en Ingeniería Civil). Facultad de Ingeniería Civil. Universidad de Chile. p.p. 10, 11, 12. [En línea] recuperado de: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/rojas_/sources/rojas_.pdf
- Saura Gómez, P. (2011). *Inhibidores en el inicio y propagación del proceso de corrosión en las armaduras*. (Tesis doctoral). Departamento de la ingeniería y construcción. Universidad de Alicante. p. 27. [En línea] recuperado de: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/21379/1/Tesis_Saura.pdf
- Sánchez de Rojas Noguera, M. (2004). *Extracción electroquímica de cloruros del hormigón armado: estudio de diferentes variables que influyen en la eficiencia del tratamiento*. (Tesis doctoral). Departamento de ingeniería de la construcción de la universidad de Alicante. pp. 4 – 8. [En línea] recuperado de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/86895/1/S%C3%A1nchez%20de%20Rojas,%20Mar%C3%ADa%20Jos%C3%A9.pdf>
- Sanjuán Barbudo, Miguel Ángel y Castro Borges, Pedro. (2001). *Acción de los agentes químicos y físicos sobre el concreto*. Instituto Mexicano del cemento y del concreto (Imcyc). (1.ª ed.). México. pp. 9,10.

- Seminario Vega, O. (2003). *Evaluación de la corrosión en postes de concreto armado de la urbanización Tallanes*. (Tesis de Ingeniería). Facultad de Ingeniería Mecánica eléctrica. Universidad de Piura. p.p 7, 8. [En línea] recuperado de: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1266/IME_088.pdf?sequence=1
- Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. (2009). *Cambio climático: Ciencia, evidencia y acción*. Gobierno federal. México. pp. 9, 10, 11. [En línea] recuperado de: http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/cambio_climatico_09-web.pdf
- Solís, C., Moreno, E., Jiménez, T. & Rosas, P. (2008). *Evaluación de daños por agresión ambiental en viviendas de concreto reforzado*. Revista ingeniería. Universidad de San José de Costa Rica, 18(2). pp. 46, 47, 48. Recuperado de: [file:///C:/Users/Docente/Downloads/652-1008-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Docente/Downloads/652-1008-1-PB%20(1).pdf)
- Solís, C., Ivan, M. & Castro, B. (2005). *Durabilidad en la estructura de concreto de vivienda en zona costera*. En revista Ingeniería, pp.14, 17. [En línea] recuperado de: <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen9/durabilidad.pdf>
- ToxiRae Pro. (2011). *Guía del usuario*. [En línea] recuperado de: www.raesystem.com
- Universidad Privada del Norte. (2016). *Manual de redacción académica*. Sistema de la gestión de la investigación, Vicerrectorado de investigación y desarrollo.
- W. Morris, A. & M. Vázquez. (s.f). *Evaluación del avance de la corrosión de refuerzos en estructuras de hormigón*. División Corrosión, INTEMA. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina. pp. 1, 2 [En línea] recuperado de: https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/tecnologia_hormigon/coreMARCELA.pdf

Apéndice

PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 01. Identificación del valor de CO₂ en la parte superior de la columna



Foto 02. Identificación del valor del CO₂ en la parte intermedia de la columna



Foto 03. Identificación del valor del CO₂ en la parte inferior de la columna

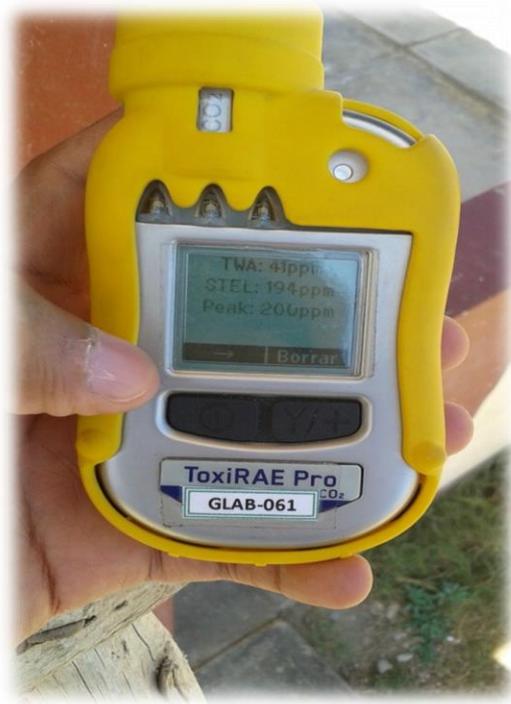


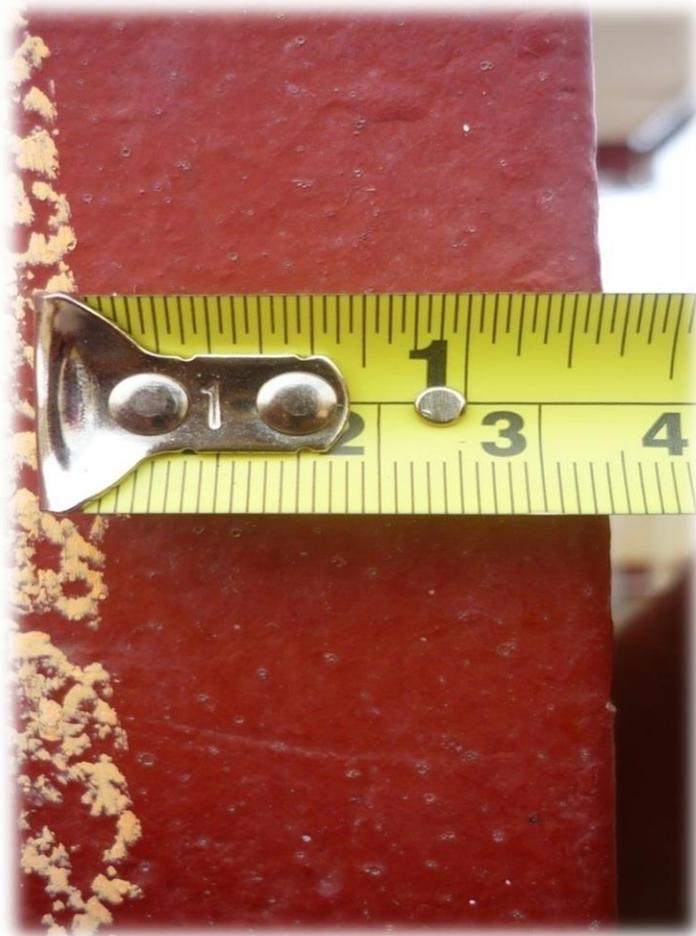
Foto 04. Sensor que nos identifica el valor de CO₂



Foto 05. Preparación del reactivo (método de la fenolftaleína)



**Foto 06. Escaner de las columnas de concreto armado que determinar
la ubicación del acero de refuerzo y estribos**



**Foto 07. Medición con wincha del recubrimiento de concreto de la
cara externa de la columna al acero.**



**Foto 08. Broca tubular para extraer corazones
de diamantino (núcleos de concreto)**



Foto 09. Extracción del núcleo de concreto



Foto 10. Medición del mortero en el núcleo de concreto



Foto 11. Medición del diámetro en el núcleo de concreto con wincha



Foto 12. Ensayo del método de la fenoltaleína en los núcleos de concreto



Foto 13. Determinación del frente carbonatado



**Foto 14. Determinación de la resistencia a la compresión axial
del núcleo de concreto**



Foto 15. Punto de descarga de agua, producto del lavado de manos



Foto 16. Reparación de las 06 columnas

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-035-2016**

Peticionario : Facultad de Ingeniería Civil Ambiental

Atención : Ing. Anibal Diaz Orrego.

Lugar de calibración : Laboratorio de Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Av. Panamericana Norte 855 Chiclayo - Perú

Tipo de equipo : Máquina de Compresión Axial Electro-Hidráulica

Capacidad del equipo : 1,112 kN (250,000 lbf. ó 113 TN)

División de escala : 0.1 kN

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Modelo : 36-0690/06

Código Identificación : EM-023-01

N° de serie del equipo : 140400091

Lector digital : DIGITAL TOUCH ELE-INTERNATIONAL

N° de serie lector digital : 1887-1-00238

Procedencia : USA

Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 32,1°C / 42%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 32,1°C / 42%

Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8294, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-8294F1314

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2016-03-11

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2016-03-15	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CMC-035-2016

Página 1 de 2

DATOS METEOROLÓGICOS

PROMEDIOS ANUALES DE DATOS METEOROLOGICOS DE LAMBAYEQUE

Año	TEMPERATURA(°C)		VIENTO		Humedad Relativa(%)	Pr. Atm. (mb)
	Máxima	Mínima	m/s	dir		
2006	26.7	18.1	3.6	SE	78	1009.8
2007	25.0	17.9	2.8	SE	80	1009.8
2008	25.9	18.6	3.5	SE	77	1015.6
2009	25.8	18.4	3.3	SE	76	1015.7
2010	25.4	17.8	3.7	SE	76	1016.3
2011	25.5	17.6	3.5	SE	75	1016.3
2012	26.5	18.9	3.2	SE	75	1015.7
2013	24.7	17.6	2.7	SE	77	1015.9
2014	26.0	18.7	2.7	SE	75	1015.8

Fuente: Estación climatológica Principal UNPRG-Lambayeque

PROMEDIO MENSUAL DE DATOS METEOROLOGICOS DE LAMBAYEQUE

Año: 2015 Mes ↓	TEMPERATURA(°C)		VIENTO		Humedad Relativa(%)	Pr. Atm. (mb)
	Máxima	Mínima	m/s	Dir.		
Enero	27.5	20.4	2.8	SE	77	1015.5
Febrero	28.9	21.3	2.3	SE	76	1015.1
Marzo	29.6	22.3	2.2	SE	72	1015.2
Abril	28.8	21.3	2.9	SE	70	1014.2
Mayo	27.5	21.5	3.0	SE	72	1015.3
Junio	24.6	20.5	2.8	SE	75	1015.6
Julio	24.9	19.6	3.2	SE	71	1016.5
Agosto	23.6	18.7	2.9	SE	73	1016.3
Setiembre	24.3	18.3	3.2	SE	71	1016.3
Octubre	24.3	18.1	3.3	SE	71	1016.7
Noviembre	24.6	20.1	3.2	SE	72	1015.7
Diciembre	26.5	20.9	3.1	SE	74	1014.3

Fuente: Estación climatológica Principal UNPRG-Lambayeque

PROMEDIO MENSUAL DE DATOS METEOROLOGICOS DE LAMBAYEQUE

Año: 2016 Mes ↓	TEMPERATURA(°C)		VIENTO		Humedad Relativa(%)	Pr. Atm. (mb)
	Máxima	Mínima	m/s	Dir.		
Enero	27.9	22.4	3.0	SE	71	1016.0
Febrero	30.0	23.1	2.6	SE	65	1013.5
Marzo	30.5	22.5	3.0	SE	65	1015.2

Fuente: Estación climatológica Principal UNPRG-Lambayeque

PROMEDIO DIARIO DE DATOS METEOROLOGICOS DE LAMBAYEQUE

Año:2016 Abril	TEMPERATURA(°C)		VIENTO		Humedad Relativa(%)	Pr. Atm. (mb)
	Máxima	Mínima	m/s	Dir.		
1	31	22	3.4	SE	67	1016.5
2	29	23	3.4	SE	71	1015.0
3	28	22	2.8	SE	69	1017.0
4	30	21	3.3	SE	70	1017.0
5	30	22	3.3	SE	68	1015.2
6	29	22	3.2	SE	75	1014.6
7	29	21	3.6	SE	69	1013.4
8	28	21	3.9	SE	69	1014.0
9	28	21	3.3	SE	69	1013.6
10	29	20	3.4	SE	67	1015.4
11	29	22	3.2	SE	71	1016.4
12	28	21	3.1	SE	68	1017.0
13	29	20	3.4	SE	67	1015.6
14	29	21	3.3	SE	66	1013.9
15	28	21	3.3	SE	71	1013.3
16	29	21	3.1	SE	69	1013.4
17	29	21	3.4	SE	64	1015.8
18	28	21	3.7	SE	68	1015.5
19	27	21	4.3	SE	72	1015.1
20	27	20	3.8	SE	69	1013.9
21	28	20	3.5	SE	71	1014.7
22	28	19	3.5	SE	72	1016.3
23	28	19	3.4	SE	69	1015.9
24	27	20	3.4	SE	70	1015.9
25	26	18	3.7	SE	76	1014.8
26	26	18	3.5	SE	71	1014.8
27	26	18	3.1	SE	78	1014.5
28	28	19	3.5	SE	70	1016.0
29	28	19	3.2	SE	70	1012.9
30	27	19	3.4	SE	67	1015.5

Fuente: Estación climatológica Principal UNPRG-Lambayeque

ENSAYOS EN CONCRETO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

HORMIGÓN (CONCRETO). Método para obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigón (concreto)
NTP 339.059:2001

Standard Test Method for Obtaining and testing Driller Cores and Sawed Beams of Concrete.
ASTM C42/C 42 M:2004

(PÁGINA 01 de 04)

Expediente N° : 34 - 2016 L.E.M. / USAT - Chiclayo
Solicitante : Hilton Juan Ballena Lluen
Obra : Evaluación de las estructuras de La Institución Educativa Inicial n° 124 Caserío los Algarrobos -
Lugar : Caserío lo Algarrobos Distrito de Monsefu Provincia de Chiclayo Departamento de Lambayeque.
Fecha de apertura : 23 de Mayo del 2016
Referencia de pago : 23 de Mayo del 2016
Fecha de emisión : 23 de Mayo del 2016

Núcleo N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Ensayo	Relación (L/D)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm2)
D-01	Lado Posterior de la Edificcion Cordenadas N626549 S 9241223	01-04-16	2.04	3530	183
D-02	Lado Posterior de la Edificcion Cordenadas N626549 S 9241221	01-04-16	1.61	4600	231
D-03	Lado Posterior de la Edificcion Cordenadas N626552 S 9241220	01-04-16	2.05	3000	155
D-04	Lado Frontal de la Edificcion Cordenadas N626551 S 9241225	01-04-16	2.06	2510	131
D-05	Lado Frontal de la Edificcion Cordenadas N626547 S 9241227	01-04-16	2.06	4370	227
D-06	Lado Frontal de la Edificcion Cordenadas N626545 S 9241228	01-04-16	1.21	1390	68

L = Altura (cm) D = Diámetro (cm)

NOTAS :

- Muestras ensayadas en la condición de humedad Natural
- Los núcleos tenían un diámetro promedio de 4,9 cm

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que su reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI G004 : 1993)


ANIBAL TEODORO DÍAZ ORREGO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 149314




USAT
Leoberto Henry Rivadeneyra O.
TEC. DE LABORATORIO

NORMAS

NORMA TÉCNICA PERUANA 339.059.2011.

INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD (INACAL)

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA OBTENCIÓN Y ENSAYO DE CORAZONES DE DIAMANTINOS Y VIGAS SECCIONADAS DE CONCRETO.

1. OBJETO

Esta norma técnica peruana establece la obtención, preparación y ensayo de corazones de diamantino en concreto por longitud o resistencia a la compresión o determinaciones de resistencia a la tracción por compresión.

Nota 1. El anexo B provee recomendaciones para la obtención y ensayo de vigas seccionadas para su desempeño en flexión.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS:

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en el texto, constituyen requisitos de esta norma técnica. Las ediciones indicadas establecen en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda aquellos que realizan acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El organismo peruano de normalización posee la información de las normas técnicas peruanas en vigencia en todo momento.

2.1. Normas técnicas peruanas

- 2.1.1. NTP 339.034:2008 Hormigón (concreto). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.
- 2.1.2. NTP 339.037:2008 Hormigón (concreto). Práctica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos del hormigón (concreto).
- 2.1.3. NTP 339.078:2001. Hormigón (concreto). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.
- 2.1.4. NTP 339.084:2002. Hormigón (concreto). Método de ensayo para la determinación de la resistencia a tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.
- 2.1.5. NTP 339.187:2003. Hormigón (concreto). Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto) endurecido.

- 2.1.6. NTP 339.211:2007. Hormigón (concreto). Método de ensayo normalizado para determinar el espesor de los elementos de concreto mediante la extracción de corazones.
- 2.1.7. NTP 339.216:2007. Hormigón (concreto). Método para la utilización de cabezales con almohadillas de neopreno en el ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto endurecido.

2.2. Normas técnicas de asociación

- 2.2.1. ASTM C823/C823 M-07 Standard practice for examination and sampling of hardened concrete in constructions.

2.3. Reglamento técnico

- 2.3.1 NTE 060:2009 Reglamento Nacional de edificaciones. Norma técnica de edificaciones – E.060 concreto armado.

3. CAMPO DE APLICACIÓN

- 3.1. Esta Norma Técnica Peruana establece los procedimientos normalizados para la obtención y ensayo de especímenes para la determinación de la resistencia a la compresión, tracción y flexión de concreto "in situ".
- 3.2. Generalmente, los especímenes de ensayo serán obtenidos cuando exista una duda acerca de la calidad del concreto colocado "in situ" debido a resultados bajos de resistencia durante la construcción o existan indicios de daños en la estructura. Adicionalmente, este método puede ser utilizado para obtener información de resistencias de estructuras antiguas.
- 3.3. La resistencia del concreto es afectada por la ubicación del mismo en un elemento estructural, el concreto en la base tiende a ser más sólido que el concreto en el tope. La resistencia de corazón diamantino también es afectada por su orientación relativa al plano horizontal del concreto como fue colocado, con resistencias tendientes a ser bajas como se miden paralelas al plano horizontal. Estos factores serán considerados al planificar la ubicación para la obtención de muestras de concreto y en la comparación de los resultados de resistencias.
- 3.4. La resistencia del concreto medida por corazones diamantinos de ensayo es afectada por la cantidad y distribución de humedad en el espécimen al tiempo de ensayo. No existe un procedimiento estándar para condicionar un espécimen y que nos asegure que al tiempo de ensayo estará en idéntica condición de humedad que el concreto en la estructura. El proceso de acondicionamiento de humedad en este método de ensayo es intentado para proveer las condiciones de humedad reproducibles tal que se minimicen las variaciones en el laboratorio y entre laboratorios y reducir los efectos de humedad introducidos durante la preparación del espécimen.

3.5. No existe una relación universal entre la resistencia a la compresión de un corazón diamantino perforado y la correspondiente resistencia a la compresión de una probeta cilíndrica normalizada. La relación es afectada por varios factores como es nivel de resistencia del concreto, la calidad histórica de la temperatura y humedad del lugar, y la ganancia de resistencia característica del concreto. Históricamente, se ha asumido que la resistencia de los corazones diamantinos es generalmente el 85% de la correspondiente resistencia de la probeta cilíndrica normalizada, pero esto no es aplicable a todas las situaciones. El criterio de aceptación de la resistencia del corazón diamantino deberá ser establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones. La NTE 060 provee los criterios de aceptación de la resistencia del corazón diamantino perforado (Extracción diamantina) para estructuras suaves.

4. APARATOS

4.1. **Taladro:** Para obtener corazones diamantinos, con broca tubular impregnada con fragmentos de diamante.

4.2. **Sierra:** Para recortar los extremos de los corazones diamantinos. La sierra debe tener extremos cortantes de diamante o carburo de silicio y debe ser capaz de cortar los corazones diamantinos sin producir fracturas o desprendimientos a las partículas de los agregados.

5. MUESTREO

5.1. General

5.1.1. Las muestras de concreto endurecido en la preparación de especímenes para pruebas de resistencia no deberían ser extraídas hasta que el concreto sea lo suficientemente resistente como para soportar su remoción si alterar la adherencia entre el mortero y el agregado grueso (Véase Nota 2 y Nota 3). Las muestras de concreto endurecido que demuestran defectos o que hayan sufrido daños en el proceso de remoción, no serán utilizadas para realizar el ensayo de resistencia.

NOTA 2: La norma ASTM C 823 provee la guía sobre el desarrollo de un plan de muestreo para concreto de construcciones.

NOTA 3: No es posible especificar una edad mínima de cuándo el concreto es lo suficientemente resistente como para mantenerse sin daño durante la extracción, debido a que la resistencia a una edad depende de la historia del curado y el grado de resistencia del concreto. Si el tipo lo permite, el concreto no deberá ser removido antes de los 14 días de edad. Si esto no es posible, la remoción del concreto puede proceder si las superficies cortadas no presentan erosiones en el mortero y si las partículas de agregado grueso expuestas, están firmemente embebidas en el mortero.

- 5.1.2. Los especímenes que contengan el refuerzo embebido no serán utilizados para determinaciones de compresión, tracción por compresión diametral, o resistencia a la flexión.

5.2. Corazones Diamantinos

Cuando un corazón diamantino va a ser ensayado para medir a resistencia del concreto, el espécimen será perforado perpendicularmente a la superficie horizontal del vaciado y no cerca de juntas formadas por límites obvios de vaciado (Juntas frías ni los extremos del elemento). Un espécimen tomado perpendicularmente a una superficie vertical, o perpendicularmente a una superficie dañada, deberá ser tomado cerca de la mitad de la unidad de depósito cuando sea posible. Cuando son obtenidos para otros propósitos diferentes a la determinación de resistencias, los corazones diamantinos se harán de conformidad con las instrucciones indicadas por el supervisor de pruebas.

5.3. Extracción de muestras de losa

Se deberá tener en cuenta que la losa elegida tenga las dimensiones suficientes como para asegurarse que las muestras de ensayo se extraigan sin la inclusión de ninguna parte de concreto que haya sido fracturado, astillado, socavado o dañado de alguna otra forma.

6. CORAZONES DIAMANTINOS (EXTRACCIONES DIAMANTINAS)

6.1. Longitudes de corazones diamantinos

- 6.1.1. Para los corazones diamantinos que no tengan como finalidad fundamental es obtener dimensiones estructurales; medir la mayor y menor longitud sobre la superficie de corte a lo largo de líneas paralelas al eje del corazón diamantino perforado. Registrar la longitud promedio con una aproximación de 5 mm (1/4 pulg).

7. CORAZONES DIAMANTINOS PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

7.1. Diámetro

El diámetro de los especímenes para la determinación de resistencia a la determinación de resistencia a la compresión en miembros estructurales en plataforma de carga será al menos de 94 mm (3,70 pulgadas). Para miembros estructurales sin carga en plataforma o cuando es imposible obtener corazones diamantinos con relaciones longitud/diámetro (L/D) mayores o iguales a 1, los diámetros de los corazones diamantinos menores que 94 mm no están prohibidos (Véase Nota 4). Para hormigones (concretos) con un agregado de tamaño máximo nominal mayor o igual a 37,5 mm (1 ½ pulgadas), los diámetros de los corazones diamantinos serán como los indicados por el supervisor de pruebas (Véase Nota 5).

NOTA 4: La resistencia a la compresión de corazones diamantinos con diámetros nominales de 50mm (2 pulgadas) son conocidas a ser comúnmente bajas y variables a

aquellos corazones diamantinos que tienen diámetro nominal de 100 mm (4 pulg). En suma, corazones diamantinos de pequeños diámetros parecen ser más sensibles al efecto de la reacción longitud/diámetro.

NOTA 5: El diámetro mínimo preferible de un corazón diamantino es tres veces el tamaño nominal máximo del agregado grueso, pero sería al menos dos veces el tamaño nominal máximo del agregado grueso.

7.2. Longitud

La longitud preferible del espécimen capeado o pulido está entre 1,9 y 2,1 veces el diámetro. Si la relación de longitud/ diámetro (L/D) del corazón diamantino excede 2,1; reducir la longitud del mismo hasta que la relación del espécimen capeado o pulido este entre 1,9 y 2,1. Los especímenes con relación longitud/ diámetro igual o menores que 1,75 requieren correcciones a las mediciones de resistencia de compresión. Un factor de corrección de resistencia no es requisito para L/D mayor que 1,75. Un corazón diamantino que tenga longitud máxima de menos de 95 % de su diámetro antes de capeado o pulido no será ensayado.

7.3. Condiciones de humedad

Los especímenes de prueba deberán ser ensayados en condiciones representativas de humedad de la obra o según lo exija la autoridad responsable de la supervisión. El proceso indicado en este método de ensayo respecto la condición de humedad de especímenes es intentado para preservar la humedad de los corazones diamantinos y provee una condición de humedad reproducible que minimice los efectos de la gradiente de humedad introducidos por el endurecimiento durante la perforación y preparación de las muestras.

- 7.3.1. Luego que los corazones diamantinos han sido extraídos, secar el agua de la superficie del corazón diamantino. Cuando las superficies parecen estar secas, pero no en más de 1 h de extraídas, colocar los corazones diamantinos en bolsas de plástico separadas o en contenedores no absorbentes y selladas para prevenir la pérdida de humedad. Mantenerlos a temperatura ambiente y protegerlos de la exposición a la luz solar. Transportarlos al laboratorio de pruebas tan pronto como sea posible. Mantener las muestras en las bolsas de plástico o recipientes sellados todo el tiempo excepto en la preparación de las bases y por un tiempo máximo de 2 h para permitir el capeado o refrenado antes del ensayo.
- 7.3.2. Si es usado durante la extracción o en el pulido de las superficies o bases, completar esta operación tan pronto como sea posible, pero no en más de 2 días luego de la extracción de los corazones diamantinos a menos que haya contraindicación del supervisor de pruebas. Luego de completar la preparación de las bases, secar las superficies y colocar los corazones diamantinos en las bolsas de plásticos o contenedores no absorbentes. Minimizar la duración de exposición al agua durante la preparación de las bases.

- 7.3.3. Conservar los corazones diamantinos en las bolsas de plásticos o recipientes no absorbentes por al menos 5 días antes de ser ensayados o por indicación del supervisor.

NOTA 6: El periodo de almacenamiento de al menos 5 días es intentado para reducir las gradientes de humedad cuando los corazones diamantinos son extraídos o humedecido durante la perforación o pulido.

- 7.3.4. Cuando la dirección está dada para ensayar los corazones diamantinos en una condición de humedad diferente a lo indicado en los apartados 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3 reportar el procedimiento alternativo.

7.4. Aserrado de bases

Las bases de los corazones diamantinos a ser ensayados en compresión serán planas, y perpendiculares al eje longitudinal de conformidad con la NTP 339.034. Si es necesario, aserrar las bases de los corazones diamantinos, antes de ser capeados se deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- 7.4.1. Proyecciones, si las hay, no deberán exceder los 5 mm por encima de las superficies terminadas.
- 7.4.2. Las superficies terminadas no se apartarán de la perpendicularidad al eje longitudinal por una superficie de más de 1:8 d, donde es el diámetro promedio de los corazones diamantinos en mm.

7.5. Densidad

Cuando sea requerido por el supervisor de los ensayos, determinar la densidad por el peso del corazón diamantino antes del capeo y dividiendo la masa por el volumen de los corazones diamantinos (Diámetro promedio y longitud). Alternativamente, determinar la densidad de la masa en el aire y la masa sumergida de conformidad con el método de ensayo NTP 339.187. Luego del peso sumergido, secar los corazones diamantinos de conformidad con lo indicado en 7.3.2 y almacenarlos en bolsas de plástico selladas o contenedores no absorbentes por lo menos 5 días antes del ensayo.

7.6. Refrentado

Si las bases de los corazones diamantinos no cumplen los requisitos de perpendicularidad y planitud de la NTP 339.034 estos serán aserrados o pulidos para cumplir dichos requisitos o serán capeados de conformidad con NTP 339.037. Medir las longitudes de los corazones diamantinos con aproximación a 2 mm antes del refrentado.

7.7 Mediciones

Antes del ensayo, medir la longitud de los corazones diamantinos capeados o pulidos con aproximación de 2 mm y usar esta longitud para calcular la relación L/D. determinar el diámetro promedio por promediar 2 medidas tomadas en ángulo recto uno del otro a la mitad de la altura del espécimen. Medir los diámetros de los corazones diamantinos con aproximación de 0.2 mm cuando la diferencia en diámetros no excede el 2 % de su promedio, en otros casos medir con aproximación de 2 mm. No se ensayarán los corazones diamantinos si la diferencia entre diámetros mayor y menor excede el 5 % de su promedio.

7.8 Ensayo

Ensayar los especímenes de conformidad con NTP 339.034. Ensayar los especímenes dentro de los 7 días después de la extracción, a menos que otro sea la especificación.

7.9. Cálculos

Calcular la resistencia a la compresión de cada espécimen usando el área de sección recta basado en el promedio de diámetros de espécimen.

7.9.1. Si la relación L/D del espécimen es de 1, 75 o menor, corregir los resultados obtenidos en 7.9 por multiplicación con el apropiado factor de corrección mostrado en la siguiente tabla 1 (Véase Nota 7).

Factor de corrección según relación L/D

Relación L/D	Factor de corrección
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

Usar interpolación para determinar los factores de corrección para valores L/D no indicados en la tabla.

NOTA 7: Los factores de corrección dependen de varias condiciones tales como condición de humedad, nivel de resistencia y módulo de elasticidad. Los valores promedio para correcciones debido a la relación L/D están indicados en la tabla. Estos factores de corrección se aplican a concretos de baja densidad, teniendo una densidad entre 1600 kg/m³ y 1920 kg/m³ y concretos de densidad normal. Son aplicables para ambos concretos secos o húmedos para resistencias entre 14 MPa y 42 MPa. Para resistencias mayores que 70 MPa la data de ensayos en corazones diamantinos muestran que los factores de corrección pueden ser mayores que los listados anteriormente.

NORMA TÉCNICA PERUANA 339.034:2013

INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD (INACAL)

HORMIGON (CONCRETO). MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, EN NUESTRAS CLÍNICAS.

1. OBJETO

Esta norma técnica peruana establece la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas y extracciones diamantinas de concreto.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituye requisitos de esta Normas Técnicas Peruana. Las ediciones estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencias en todo momento.

2.1 Normas Técnicas Peruanas

2.1.1. NTP 339.033:1999 HORMIGON. Método de ensayo para la elaboración y curado de probeta cilíndricas de concreto en obra.

2.1.2. NTP 339.059.2001 HORMIGON (CONCRETO). Método para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigón (concreto).

2.1.3. NTP 339.183.2003 HORMIGON (CONCRETO.). Practicas normalizadas para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.

2.1.4. NTP 339.037:2033 HORMIGON (CONCRETO). Practicas normalizadas para el refrentado de testigos cilíndricos de hormigón (concreto).

2.1.5 NTP 339.214.2007 HORMIGON (CONCRETO). Métodos de ensayo estándar para resistencia a la compresión en cilindros de concreto elaborados en el lugar en molde cilíndricos.

2.1.6. NTP 339.216:2007 HORMIGON (CONCRETO). Practicas estándar para el uso de capas de embonado en la determinación de resistencia a la compresión en cilindros de concreto endurecido.

2.2 Normas Técnicas de asociación

2.2.1 ASTM C 670:2003 Standard practice for preparing precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

2.2.2 ASTM E 74:2006 Standard Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines

2.2.3 ASTM C 1077:2006a Standard Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation

2.2.4 ASTM E 4:2007 Standard Practices force Verification of Testing Machines

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a concretos con peso unitario mayor de 800 kg/m^3 .

4. SINTESIS DEL MÉTODO DE ENSAYO

El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanza durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.

5. SIGNIFICADO Y USO

5.1 Se deberá tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de resistencia a la compresión por este método de ensayo considerando que los valores obtenidos dependerán del tamaño y forma de la probeta, tanda, proceso de mezclado, método de muestreo, moldeo y elaboración, edad temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

5.2 Este método de ensayo es usado para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas preparadas y curadas de conformidad con las NTP 339.033, NTP 339.183, NTP 339.037 Y NTP 339.216 y los métodos de ensayo de las NTP 339.059 Y NTP 339.214.

5.3 Los resultados de este método de ensayo son usado como una referencia para el control de calidad del concreto, proporciones, mezclado y operaciones de colocación; determinación del cumplimiento con la especificación, control para la evaluación de la afectividad a los aditivos; y usos similares.

5.4 El personal que ensaya los cilindros de concreto deberá cumplir los requisitos técnicos requeridos, incluyendo un examen del desarrollo evaluado por un examinador independiente.

6. APARATOS

6.1 Máquina de ensayo: la máquina de ensayo será de capacidad conveniente suficiente y capaz una velocidad de carga incitada en el aparato 8.5.

6.1.1 La verificación de la calibración de las máquinas de ensayo de conformidad con las ASTM E 4, excepto que el rango de verificación de la carga será como lo indicado en el apartado 6.3. La verificación requerida será bajo las siguientes condiciones:

6.1.1.1 Al menos anualmente, pero no debe exceder los 13 meses.

6.1.1.2 Sobre una instalación original o inmediatamente después de una reubicación.

6.1.1.3 Inmediatamente después de reparaciones o ajuste que afecta la operación del sistema de aplicación de fuerza o los valores mostrados sobre el sistema de indicación de cargas, excepto por ajuste de cero que es compensado por los bloque de ensayos o la probetas y ambos, o

6.1.1.4 Cuando haya razón para dudar de la aproximación de las cargas indicadas.

6.1.2 Diseño: El diseño de la maquina deberá incluir los siguientes factores:

6.1.2.1 La máquina deberá ser operada por energía (no manual) y aplicar la carga continua sin intermitencia ni detenimiento. Si tiene una sola velocidad de carga (cumpliendo el requisito del apartado 8.5), deberá estar provisto con una medio suplementario para cargar una velocidad conveniente parar su verificación.

6.1.2.2. El espacio previsto para las probetas de ensayo era bastante grande para acomodar, en posición idónea, un dispositivo elástico de calibración suficiente capacidad para cubrir el rango potencial de cargas de la máquina de ensayo y que cumpla con los requisitos de la ASTM E 74.

NOTA 1: Los tipos de dispositivos elásticos de calibración y más comúnmente usados para estos propósitos son el anillo circular e prueba y la celda de carga.

6.1.3 Exactitud: La exactitud de la máquina de ensayo será de conformidad con las siguientes provisiones:

6.1.3.1 El porcentaje de error para las cargas dentro del rango de uso propuesto de la máquina de ensayo no excederá = 1,0 % de la carga indicada.

6.1.3.2 La exactitud de la máquina de ensayo será verificada por aplicación de 5 ensayos de carga en 4 incrementos aproximadamente iguales en orden ascendente. La diferencia entre cualquiera de 2 cargas de ensayo sucesivas no excederá un tercio de la diferencia entre las cargas de ensayo máxima y mínima.

6.1.3.3 La carga de ensayo como la indicada por la máquina y la carga aplicada evaluada de las lecturas del dispositivo de verificación serán registradas en cada punto de esta data como sigue:

$$E=A - B$$

$$E_p = 100 (A - B) / B$$

Donde:

A = Carga, kN indicada por la máquina que está siendo verificada

B = Carga aplicada, kN como lo determinado por el dispositivo de calibración

6.1.3.4 El reporte sobre la verificación de una máquina de ensayo, indicara dentro de que rango de carga se obtienen requisitos de las especificaciones preferentemente una aceptación o rechazo. En ningún caso el rango de cargas será indicado como la inclusión de cargas debajo del valor 100 veces el menor cambio de carga sobre el mecanismo de inclinación de carga de la máquina de ensayo o cargas, dentro de la porción de rango debajo del 10 % de su capacidad máxima.

6.1.3.5 En ningún caso el rango de cargas será fijado incluyendo cargas fuera del rango aplicado durante la verificación del ensayo.

6.1.3.6 La carga indicada de una máquina de ensayo no será corregida por cálculos o por el uso de diagrama de calibración para obtener valores dentro del requisito de variación permisible.

6.2 La máquina de ensayo será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes (Nota 2), una de las cuales se asentara sobre una rotula, que le permita acomodarse a la superficie superior de la probeta y el otro sobre un sólido bloque en el que se asienta la misma. Las caras de los bloques tendrán una dimensión mínima de al menos 3 % que el diámetro de las probetas a ser ensayadas. Excepto para los círculos concéntricos descrito más adelante, las caras no se apartaran de un plano o superficie horizontal por más de 0,02 mm en bloques de 150 mm o diámetros de 150 mm o mayores, o por más de 0,002 mm en el diámetro de cualquier bloque pequeño; los bloques nuevos serán fabricados dentro la mitad de esta tolerancia. Cuando el diámetro de la cara del bloque que se asienta en la rótula excede el diámetro de la probeta por más de 13 mm, se inscribirán círculos concéntricos, para facilitar un apropiado centrado, de no más de 0,8 mm de profundidad y no más de 1 mm de ancho.

NOTA 2: Es deseable que la caras de los bloques usados en ensayos de resistencia a la comprensión del concreto tengan una dureza Rockwell de no menos de 55 HRC.

6.2.1 Los bloques de las bases estarán de conformidad con los siguientes requerimientos:

6.2.1.1 El bloque de la base es especificado para el propósito de proveer una superficie para las condiciones específicas (Nota 3). Las superficie superior e inferior serán paralelas una con la otra. Si la máquina de ensayo es diseñada tal que el plato posee las condiciones superficiales especificada, un bloque no es requerido. Su menor dimensión horizontal será al menos un 3 % mayor que el diámetro de la probeta a ser ensayada. Los círculos concéntricos como lo descrito en el apartado 6.2 son opcionales en el bloque de base.

NOTA 3: El bloque puede ser sujetado al cabezal de la máquina de ensayo.

6.2.1.2 El centrado final debe ser hecho con referencia al bloque esférico superior. Cuando el bloque inferior es usado para el centrado de la probeta, el centro del círculo concéntrico, el centro del bloque deberá estar directamente debajo del centro de la rótula superior. Las provisiones serán hechas sobre la placa de la máquina para asegurar esta posición.

6.2.1.3 El bloque de base de rotura tendrá al menos un espesor de 25 mm cuando esta nueva, y al menos 22,5 mm de espesor cuando esta usada.

6.2.2 El bloque superior tendrá los siguientes requerimientos:

6.2.2.1 El máximo diámetro del bloque y de la probeta no excederán de:

Diámetro de probeta de ensayo	Máximo diámetro
mm	mm
50.00	105.00
75.00	130.00
100.00	165.00
150.00	255.00
200.00	280.00

NOTA 4: Las caras rectangulares son permisible, pero el diámetro del círculo inscrito más alejado posible no excederá el diámetro antedicho.

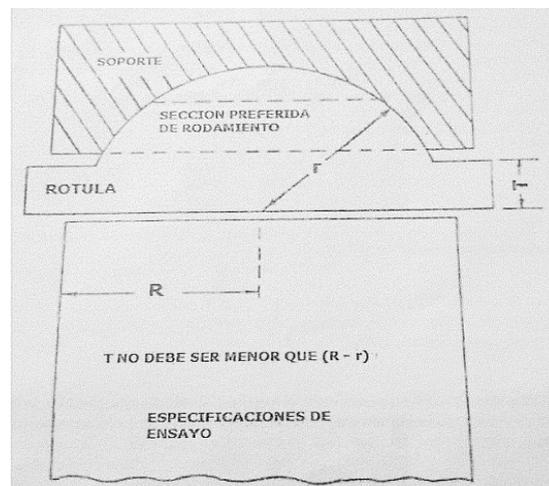
6.2.2.2 El centro de la rótula coincidirá con la superficie de la cara de rotura con una tolerancia de $\pm 5\%$ el radio de la rótula. El diámetro de la rótula será al menos 75% el diámetro de la probeta a ser ensayada.

6.2.2.3 La rótula y el soporte serán diseñados de tal forma que el acero en el área de contacto no se deformara permanentemente cuando este cargado a la capacidad de la máquina de ensayo.

NOTA 5: El área de contacto está en la forma de un anillo (Descrito como área preferente de abertura) como lo mostrado en la Figura 1.

6.2.2.4 Las superficies del soporte y la porción esférica serán mantenidas limpias y lubricadas con un aceite de motor convencional, no con una de tipo grasa. Luego del contacto de la probeta y la aplicación de una carga inicial, no deberá producirse la inclinación adicional del bloque de asiento esférico.

6.2.2.5 Si el radio de la rótula es menor que el radio mayor de la probeta a ser ensayada, la porción de la cara de rotura extendida más allá de la rótula tendrá un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la rótula y el radio de la probeta. La menor dimensión de la cara de la rotura será al menos de la misma dimensión que el diámetro de la rótula (Véase Figura 1).



NOTA: La provisión será hecha para sostener la rótula en el soporte y para sostener la unidad entera en la máquina de pruebas.

FIGURA 1 – Presentación esquemática de una rótula típica de abertura

6.2.2.6 La porción móvil el bloque de rotura, será tal que dicha cara pueda rotar libremente al menos 4° en cualquier dirección.

6.2.2.7 Si el bloque superior es un diseño pequeño compuesto de dos piezas, una porción esférica y la placa de rotura, se proveerá de un medio mecánico para asegurar que la porción esférica este fijada y centrada.

6.3 Indicación de carga

6.3.1 Si la carga de una máquina de compresión usada en ensayos de concreto es registrada sobre un dial, el dial será provisto con una escala graduada legible al menos con una aproximación de 0,1 % en la escala total de carga (Nota 6). El dial será legible dentro del 1 % de la carga indicada a cualquier nivel de carga dado dentro el rango de cargado. En ningún caso el rango de cargas de un dial sería considerado para incluir cargas debajo del valor que es 100 veces el menor cambio de carga que pueda es leída en la escala. La escala esta provista con un línea de graduación igual a cero y será numerada. El indicador del dial será de suficiente longitud para alcanzar las marcas de graduación; el ancho del terminal del indicador no excederá la distancia libre entre las graduaciones más pequeñas. Cada dial será equipado con un ajuste de cero ubicado fuera del origen y fácilmente accesible, donde se observe la marca cero y el terminal del dial. Cada dial será equipado con un accesorio sustituto que todas las veces, mientras se resetea, indicara dentro el 1 % de la aproximación la máxima carga aplicada a la probeta.

NOTA 6: Legible es considerado a ser 0,5 mm a lo largo del arco descrito por el terminal del indicador. También, una mitad del intervalo de escala es legible con razonable certeza cuando el espacio sobre el mecanismo indicador de carga eta en 1 mm y 2 mm. Cuando el espacio entre 2 mm y 3 mm, un tercio del intervalo e escala e legible con razonable certeza. Cuando el espacio es de 3 mm o más, un cuarto del intervalo de escala es legible con razonable certeza.

6.3.2 Si la carga de la máquina de ensayo es indicada en forma digital, la observación numérica en la pantalla deberá ser apropiada para que la lectura se haga sin dificultad. En ningún caso sería verificado el rango de cargas incluyendo cargas menores que el mínimo incremento numérico multiplicado por 100. La aproximación de la carga indicada deberá estar en el 1 % para cualquier valor mostrado dentro del rango de carga verificado. Las provisiones serán hechas para indicar el verdadero cero al cero de la carga. Además se proveerá de un máximo indicador de carga que, mientras se vuelve a cero carga el sistema, indicara dentro el 1 % la carga máxima aplicada a la probeta.

7. PROBETAS

- 7.1 Las probetas no serán ensayada si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2 %.

NOTA 7: Esto puede ocurrir cuando el uso de un molde simple ha sido dañado o deformado durante el transporte, cuando e usan molde simple flexibles esto se deforman el moldeo o cuando una extracción es defectuosa o en cambios durante la extracción.

- 7.2 Antes del ensayo, ninguna de bases de las probetas de ensayo se apartaran de la perpendicularidad a los ejes por más de $0,5^\circ$ (aproximadamente equivalente a 1 en 100 mm). Las bases de comprensión de las probetas que no sean plana dentro los 0,050 mm, serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se la permita, la NTP 339.216. El diámetro usado para el cálculo del área de la selección recta de la probeta de ensayo será determinado con aproximación de 0,25 mm por el promedio de 2 diámetros medidos de ángulo recto uno del otro y cerca de la altura media de la probeta.
- 7.3 El número de cilindros individuales medidos para la determinación el diámetro promedio será de uno por cada diez probetas o tres probetas por día, el que sea mayor. Si todos los cilindros son hechos de un lote de moldes re-usables o de uso simple, que consistentemente producen cilindros con diámetros dentro el rango de 0,5 mm. Cuando el diámetro promedio no está en el rango anteriormente descrito o cuando los cilindro no son hechos e un simple lote de moldes, cada cilindro de ensayo deberá ser medido y el valor usado en calcular la unidad de resistencia a la comprensión de cada probeta. Cuando los diámetros son medidos a frecuencias reducidas, las áreas de la selección recta de todos los cilindros ensayados en el mismo día serán computados del promedio de los diámetros de tres o más cilindros representativos del grupo ensayados ese día.
- 7.4 Si el cliente que solicita los servicios de ensayo requiere mediciones de densidad de las probetas, determinar la masa de las mismas antes del capeado. Retirar cualquier humedad superficial con una toalla y medir las masas del cilindro usando una balanza con aproximación de 0,3 % de las masas que se está midiendo. Medir la longitud de la probeta con aproximación a 1 mm en tres Espacios separados equidistantemente alrededor de la circunferencia. Evaluar la longitud promedio y registrarlo con aproximación de 1 mm. Alternativamente determinar la densidad del cilindro por peso del mismo en el aire y también sumergido en el agua a $23\text{ }^\circ\text{C} \pm 2,0\text{ }^\circ\text{C}$ y hallar el volumen de conformidad con el apartado 9.3.1.
- 7.5 Cuando la determinación de densidad no es requerida y la relación de la longitud a diámetro es menor que 1,8 o mayor que 2,2; medir la longitud de la probeta con aproximación de 0,05 D.

8. PROCEDIMIENTO

- 8.1 Los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo serán hechas tan pronto como sea práctico luego de retirarlos del almacenaje de humedad.
- 8.2 Los cilindros eran protegidos de pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo entre el retiro del almacenaje de humedad y el ensayo. Los cilindros serán ensayados en condición húmedos.
- 8.3 Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturado dentro del tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24:00 h	= 0,50 h o 2,10 %
3:00 d	= 2.00 h o 2,80 %
7:00 d	= 6.00 h o 3,60 %
28:00 d	= 20:00 h o 3,00 %
90:00 d	= 48:00 h o 2,20 %

- 8.4 Colocación: 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.

8.4.1 Verificación del cero y asiento del bloque: Antes de ensayar la probeta, verificar que el indicador de carga este en cero, ajustar el indicador (Nota 8). Como el bloque asentado sobre la rótula es aplicado sobre la probeta, rotar su porción móvil cuidadosamente con la mano a fin de que el asiento sea uniforme.

NOTA 8: La técnica usada para la verificación y ajuste de carga a cero variara dependiendo del fabricante de la máquina. Consulte con su manual idóneo o calibrador de máquinas de compresión para una técnica apropiada.

- 8.5 Velocidad de carga: Aplicar la carga continuamente y sin detenimiento.

8.5.1 La carga será aplicada a una velocidad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de $0,25 = 0,05$ MPa/s (Véase Nota 9). La velocidad de movimiento diseñada será mantenida al menos durante la mitad final de la fase de carga anticipada.

NOTA 9: Para una máquina de ensayo de tornillo o de desplazamiento controlado, preliminarmente al ensayo será necesario establecer la velocidad requerida de

movimiento para alcanzar la velocidad de esfuerzo especificado. La velocidad requerida de movimiento dependerá del tamaño de espécimen de ensayo, el módulo de elasticidad del concreto y de la solidez de la máquina de ensayo.

8.5.2 Durante la aplicación del 1ra. Mitad de la fase de la carga anticipada, una alta velocidad de carga será permitida. La alta velocidad de carga será aplicada de manera controlada.

8.5.3 No hacer ajustes en la velocidad de movimiento cuando la carga final está siendo aplicada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fractura del espécimen.

- 8.6 Aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye contantemente y el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido (Tipos del 1 al 4 en la Figura 2). Para una máquina de ensayo, el cierre automático de la máquina de ensayo está prohibido mientras la carga ha caído a un valor menor del 95 % de la carga máxima. Cuando se ensayan con capas de embonado, una fractura en la equina similar a los patrones tipo 5 o 6 mostrados en la Figura 2 puede ocurrir antes que la capacidad ultima del espécimen ha sido alcanzado. Registrar la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo, y anotar el tipo de patrón de fractura de conformidad con la Figura 2, esquematizar y describir el patrón de fractura del concreto y notar la evidencia de segregación, si las fracturas pasan predominantemente alrededor o través de las partículas del agregado grueso, y verificar el refrentado de conformidad con las NTP 339.037 o NTP 339.216.

9. CALCULOS

- 9.1 Calcular la resistencia a la compresión del espécimen por dividir la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección recta determinada como se escribe en el capítulo 7 y expresar el resultado con aproximación a 0,1 MPa.
- 9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 por un apropiado factor de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 10):

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87

Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.

NOTA 10: Los factores de corrección dependen de varias condiciones como son: humedad, nivel de resistencia, y módulo de elasticidad. Los valores promedio están indicados en la tabla. Estos factores de corrección se aplican a concretos de baja densidad que pesan entre 1600 kg/m^3 y a concreto de densidad normal. Ellos son aplicables a concretos secos o humedecidos al tiempo de cargados y para concretos con resistencia nominal de 14 MPa a 42 MPa. Para mayores resistencias que 42MPa los factores de corrección pueden ser mayores que los listados anteriormente.

9.3 Cuando sea requerido, calcular la densidad del espécimen con aproximación de 10 kg/m^3 como sigue:

$$\text{Densidad} = W / V$$

Donde:

W: masa del espécimen, kg

V: volumen del espécimen determinado del diámetro promedio y longitud promedio o del peso del cilindro en el aire y sumergido en el agua, m^3

9.3.1. Cuando el volumen del cilindro es determinado del peso sumergido, calcular el volumen como sigue:

$$\text{Volumen} = W - W_s / D_a$$

Donde:

W_s : masa aparente del espécimen sumergido, kg

D_a : densidad del agua a $23 \text{ }^\circ\text{C}$ = $997,5 \text{ Kg/m}^3$

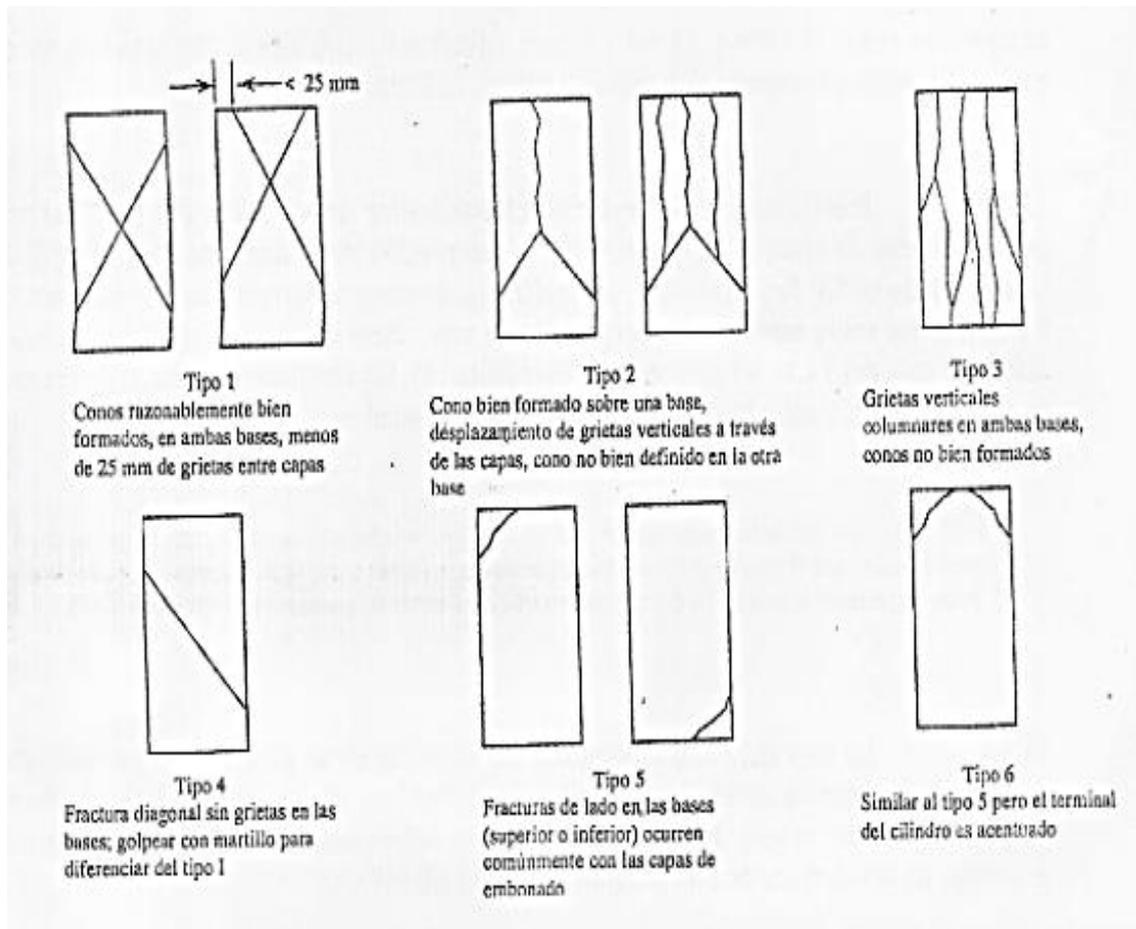


FIGURA 2. Esquema de los patrones de tipos de fractura

10. PRECISION Y SESGO

10.1 Precisión

10.1.1 Repetibilidad: La tabla siguiente provee la precisión de repetibilidad de cilindros de ensayo de 150 mm y de 100 mm por 200 mm hechos de una muestra de concreto bien elaborada bajo condiciones de laboratorio y obra (Véase el apartado 11.1.2).

10.1.2 El coeficiente de variación en el laboratorio representa la variación esperada de mediciones de resistencia en cilindros preparados en una misma muestra de concreto y ensayados por un laboratorio para cilindros de 150 x 300 mm son aplicables para resistencia a la compresión entre 15 MPa y 55MPa y para cilindros de 100 mm x 200 mm son aplicables para resistencias a la compresión entre 17MPa y 32MPa.

10.1.3 Precisión multi-laboratorio: El coeficiente de variación del multi-laboratorio para resultados de ensayos de resistencia a la compresión en cilindros de 150 mm x 300 mm. Ha sido fijado en 5,0 %; de ahí que, los resultados de ensayos apropiadamente conducidos por 2 laboratorios sobre especímenes preparados de una misma muestra de concreto no se espera diferir en más del 14 % del promedio (Véase Nota 11). Un resultado de ensayo de resistencias es el promedio de 2 cilindros ensayados a una misma edad.

NOTA 11: La precisión multi-laboratorio no incluye variaciones asociadas con la preparación de especímenes para el ensayo de rotura por diferentes operadores o muestras independientes de concreto. Estas variaciones son causales del incremento del coeficiente de variación en reproducibilidad.

10.1.4 La data del multi-laboratorio fue obtenida de un programa organizado de 6 ensayos de resistencia donde los especímenes cilíndricos de 150 mm x 300 mm fueron preparados en un mismo lugar y ensayados en diferentes laboratorios. El rango del promedio de resistencia de este programa fue de 17,0 MPa a 90 MPa.

TABLA

	Coeficiente de variación	rango aceptable	
		2 Cil	3 Cil
Cil. De 150 mm x 300 mm			
Condic. De laboratorio	2.40%	6.60%	7.80%
Condic. De obra	2.90%	8.00%	9.50%
Cil. De 100 mm y 200 mm			
Condic. De laboratorio	3.20%	9.00%	10.60%

10.2. Sesgo: Desde que no es aceptado ningún material de referencia, no existe a la fecha un estadístico sobre sesgo.

NORMA ESPAÑOLA UNE EN 14630.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR)

TÍTULO: PRODUCTOS Y SISTEMAS PARA LA PROTECCIÓN Y REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN EN UN HORMIGÓN ENDURECIDO POR EL MÉTODO DE LA FENOLFTALEÍNA

INTRODUCCIÓN

Las armaduras de acero colocadas en el hormigón pueden correr riesgo de corrosión si la envoltura se ha carbonatado.

La Norma Europea ENV 1504-9 define los principios para la protección y reparación de las estructuras de hormigón que han sufrido o pueden sufrir daños o un deterioro y suministra una guía en la selección de los productos y sistemas que son apropiados para el uso previsto.

Con el fin de establecer si la profundidad de hormigón no carbonatado es suficiente para proteger la armadura durante la duración de vida teórica restante de la estructura, debería determinar la profundidad total de la envoltura y la profundidad de carbonatación. La profundidad total de la envoltura puede determinarse por una medida física o por utilización de un aparato de medida de la envoltura. El método más corrientemente utilizado para medir la profundidad de carbonatación es el definido en esta norma. Este método consiste en medir la profundidad de carbonatación por medio de una disolución indicadora de fenolftaleína. A valores superiores del pH de aproximadamente 9, el indicador produce en el hormigón una coloración rojo-púrpura. Sólo el hormigón que presenta esta coloración es lo suficientemente alcalino para que se pueda asegurar la pasividad del acero.

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El método de ensayo con fenolftaleína es apropiado para medir la profundidad de la capa carbonatada situada cerca de la superficie del hormigón endurecido. No es conveniente para el hormigón fabricado con cemento cálcico aluminoso.

Se puede utilizar in situ o en el laboratorio, en probetas de ensayo, o en trozos o fragmentos tomados previamente de la estructura de hormigón endurecido.

2. NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

ENV 1504-9 Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 9: Principios generales para la utilización de los productos y sistemas.

3. MATERIALES Y APARATOS

Una disolución que contenga el indicador fenolftaleína (generalmente 1 g de fenolftaleína) disuelto en 70 ml de alcohol etílico que se diluyen con 100 ml de agua destilada o desionizada.

Un recipiente etiquetado provisto de un pulverizador para obtener una capa fina de pulverización de la disolución indicadora.

NOTA Se pueden utilizar otros alcoholes, como por ejemplo alcohol isopropílico, para preparar la disolución indicadora.

Un dispositivo de medida, como un compás o una regla, que permiten medir la distancia entre la superficie del hormigón y el frente de carbonatación con una precisión de 1 mm.

4. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

4.1. Toma de muestras

Las muestras deben ser conformes con un plan de toma de muestras preparado para la evaluación de los trabajos de reparación de acuerdo con la Norma Europea ENV 1504-9.

Los ensayos in situ pueden realizarse por medio de un buril que produzca en la estructura estudiada una superficie de hormigón recién rota. El ensayo se realiza normalmente in situ.

NOTA Estas muestras se pueden obtener taladrando una serie de agujeros en el hormigón que permita obtener una superficie desprendida entre los agujeros. Alternativamente se pueden retirar grandes fragmentos o muestras de los testigos de la estructura. Cuando los testigos se obtienen por sondeo con agua o cuando el grosor nominal máximo del árido excede 16 mm, el diámetro nominal mínimo de los testigos debe ser de 50 mm.

Se debe retirar lo más rápido posible cualquier agua de la superficie de los testigos y de los fragmentos. Estos últimos se deben marcar para indicar su emplazamiento y orientación con respecto a la superficie del hormigón original y luego debe almacenarse rápidamente, en un lugar seco hasta que se realice el ensayo, que debería realizarse lo más rápido posible después de la toma de muestras.

No se deben utilizar superficies cortadas o taladradas ya que generalmente proporcionan resultados falsos porque pueden exponer y reactivar partículas de cemento no hidratadas en un hormigón totalmente carbonatado.

4.2. Determinación de la profundidad de carbonatación

Deben romperse los testigos a lo largo de su eje longitudinal y si es posible en la mitad del diámetro de la probeta. Los fragmentos grandes (normalmente aquellos cuyo diámetro más pequeño sea aproximadamente de 50 mm) deben romperse lo más perpendicular posible a la superficie externa original del hormigón; se debería evitar, si es posible, dividir nuevamente los fragmentos más pequeños para someterlos al ensayo inmediatamente después de su extracción de la estructura.

Se debe eliminar el polvo o las partículas libres de las superficies rotas sin utilizar agua o abrasivo y se deben pulverizar con la disolución indicadora de fenolftaleína para humidificarlas teniendo cuidado de que la pulverización no fluya por la superficie. Debe determinarse el ensayo lo más rápido posible después de obtener por corte las superficies de hormigón.

NOTA 1. Debería medirse y anotarse el cambio instantáneo de color de rojo-púrpura tras 30 s después de la pulverización. Si el color cambia lentamente y/o si el límite es difuso, el método no proporcionará resultados bastante exactos en todos los casos y puede que indique zonas de carbonatación parcial. En este caso se puede adoptar otro método como el examen petrográfico para confirmar los resultados del ensayo en obra.

NOTA 2. Cuando el hormigón está muy seco se puede aplicar una ligera niebla de agua en la superficie recién rota inmediatamente antes de la aplicación de la disolución de fenolftaleína.

NOTA 3. Debería tenerse cuidado cuando este método de ensayo se aplica en hormigón que contiene o se ha tratado con materiales hidrófobos, por ejemplo, silanos, siloxanos, aditivos poliméricos o aditivos resistentes al agua. Esto puede inhibir el desarrollo de la coloración púrpura característica aun en el hormigón no carbonatado. En estas condiciones, puede transcurrir un periodo de tiempo de varios minutos antes de que el color se desarrolle, y puede aparecer desigual cuando se compara con hormigones CEM I no tratados o no modificados. No es necesario analizar el hormigón antes del ensayo, pero los resultados anormales pueden indicar que el hormigón contiene o ha sido tratado con estos materiales.

NOTA 4. Este método no permite hacer una distinción entre la pérdida de alcalinidad provocada por la carbonatación o por otras causas como la exposición a los ácidos o a otros gases ácidos. Cuando se pueden presentar otras causas, sus efectos se pueden determinar por un análisis en el laboratorio.

4.3. Medida de la profundidad de carbonatación

La profundidad de carbonatación, en cualquier punto dado, es la distancia dk (medida en mm) entre la superficie exterior del hormigón y el borde de la región coloreada en rojo-púrpura.

Como en la práctica el frente de carbonatación es irregular, la profundidad media dk media y la profundidad máxima dk máx., deben medirse aproximadamente al milímetro (véase la figura 1).

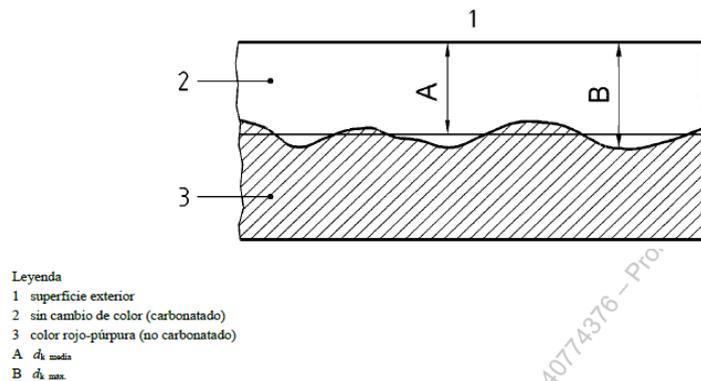


Figura 1 – Frente de carbonatación

Si existen bolsas aisladas, por ejemplo, al nivel de las fisuras, donde la profundidad máxima dk máx., es mucho más importante que la profundidad media dk media (véase la figura 2), entonces el valor dk máx., no debe incluirse en el cálculo de dk media. El valor medio dk media ajustado y la o las profundidad(es) máxima(s) dk máx., (1.n) deben anotarse con una precisión de mm, preferiblemente sobre un dibujo o una fotografía.

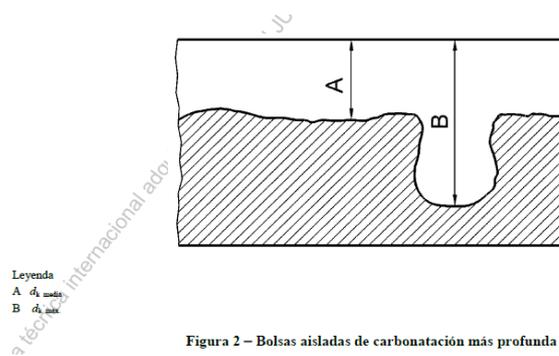


Figura 2 – Bolsas aisladas de carbonatación más profunda

NORMA ESPAÑOLA UNE 112011

ASOCIACION ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR)

TITULO: CORROSÓN EN ARMADURAS

DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN EN HORMIGONES ENDURECIDOS Y PUESTOS EN SERVICIO.

1. OBJETO

Esta norma tiene por objeto describir un método de ensayo para determinar la profundidad de carbonatación en hormigones endurecidos y puestos en servicio.

Con este ensayo puede obtenerse información del estado de carbonatación de un elemento estructural en un momento determinado de su vida.

La principal indicación que se pretende conseguir con esta medida es conocer si la carbonatación ha llegado o no hasta la armadura, lo que permitirá establecer si ha podido provocar o contribuir al desarrollo de la corrosión, cuando se haya producido.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma es aplicable a cualquier hormigón endurecido y puesto en servicio, sobre la propia estructura, o sobre muestras tomadas directamente de la estructura o sobre probetas de laboratorio que simulen las condiciones reales de dichas estructuras.

La norma también es aplicable en casos en los que el hormigón pueda haber estado en contacto con agentes que pueden causar neutralización del mismo o descenso de alcalinidad.

Debido a la no homogeneidad de penetración de la carbonatación en las estructuras reales, es necesario identificar siempre la parte de la estructura donde se ha realizado el ensayo.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La medida de la profundidad de la capa carbonatada en los hormigones se basa en la determinación de la reducción de la alcalinidad que supone la carbonatación, la cual puede ponerse de manifiesto mediante un indicador de pH, que la hace visible por cambios de coloración.

4. MÉTODO DE ENSAYO

4.1 Materiales

a) Indicador.

Se utiliza como indicador una disolución de fenolftaleína al 1% disuelta en alcohol etílico al 70%. Así, para preparar 100 cm³ de indicador, se disuelve 1 g de fenolftaleína en 70 cm³ de alcohol etílico del 96% de pureza y se añaden después 30 cm³ de agua destilada.

La fenolftaleína toma color rojo-púrpura para valores de pH superiores a 9,5 (hormigón no carbonatado) y se vuelve incolora en valores inferiores a 8 (hormigón carbonatado). Para valores entre 8 y 9,5 toma tonalidades entre rosa y rojo-púrpura.

b) Dispositivo de medida.

Puede utilizarse cualquier calibre que posea una precisión de 0,5 mm.

4.2 Preparación

4.2.1 Generalidades

La medición de la penetración del frente carbonatado puede realizarse sobre muestras tomadas directamente del elemento objeto de estudio o, si es preciso, sobre el propio elemento *in situ*. También se pueden utilizar probetas que simulen las condiciones de las estructuras, en cuyo caso se deben registrar las condiciones de conservación en el laboratorio.

En todos los casos la medición se debe efectuar sobre una superficie limpia de partículas sueltas. Nunca debe realizarse sobre polvo o fragmentos pequeños extraídos del elemento.

Se debe realizar siempre inmediatamente después de la toma de la muestra o la preparación del elemento, ya que la superficie fracturada se carbonata con rapidez. Si no fuera posible aplicar el indicador en el momento de la fractura, la muestra debe guardarse en un recipiente hermético, con el menor contenido de aire posible, hasta que pueda ensayarse.

Aun así, se debe procurar que el tiempo de espera sea mínimo, recomendándose que no exceda de 24 h.

4.2.2 Muestras

No es necesario que las muestras tengan una geometría particular; basta que posean un tamaño suficiente para medir la profundidad de la capa carbonatada, desde una de sus caras, que debe ser siempre la cara exterior del elemento. La muestra debe tomarse en seco.

4.2.3 In situ

También es posible realizar el ensayo sobre un orificio en el elemento, igualmente practicado en seco, que debe poseer la abertura adecuada para permitir la medida.

En el caso en que sólo interese conocer si el frente carbonatado ha alcanzado o no la zona donde se encuentra la armadura, el ensayo puede llevarse a cabo eliminando la capa de hormigón hasta el nivel de la armadura y aplicando en esa zona o en los fragmentos sueltos, si son lo suficientemente grandes, la disolución de indicador.

Las determinaciones *in situ* deben realizarse en fracturas recientes evitando zonas en donde el hormigón se encuentre suelto o existan fisuras, excepto cuando expresamente interese comprobar si estas regiones se han carbonatado.

4.3 Aplicación del indicador

La aplicación del indicador debe realizarse directamente sobre fractura reciente y con la superficie de aplicación del indicador hacia arriba.

La disolución de indicador puede aplicarse con pulverizador, mediante goteo, o cualquier otro procedimiento que permita extender una capa relativamente fina y uniforme sobre la superficie en cuestión. No debe aplicarse en cantidades excesivas o sobre superficies mojadas, ya que la disolución podría escurrir desde unas zonas a otras y, en el caso que el indicador ya hubiera adquirido coloración, podrían obtenerse resultados erróneos.

Cuando no se aprecie coloración o ésta sea muy débil, debe repetirse el ensayo una vez que la superficie con el indicador se haya secado tras la primera aplicación, protegiendo en lo posible la muestra del contacto con el aire durante este tiempo. En el caso de hormigones extremadamente secos se puede nebulizar con agua la superficie tras la primera aplicación del indicador.

Si interesa estabilizar la coloración obtenida, puede recurrirse a cubrir la superficie, ya seca, con una resina o barniz incoloro.

4.4 Medida de la profundidad de la carbonatación

La profundidad de la capa de hormigón carbonatado puede variar ligeramente con el tiempo transcurrido desde la aplicación del indicador, por ello, cuando se trate de una serie de muestras, las medidas deben tomarse tras el mismo tiempo de espera. Con carácter general, se recomienda que las mediciones se realicen de 15 min a 30 min después de aplicar el indicador.

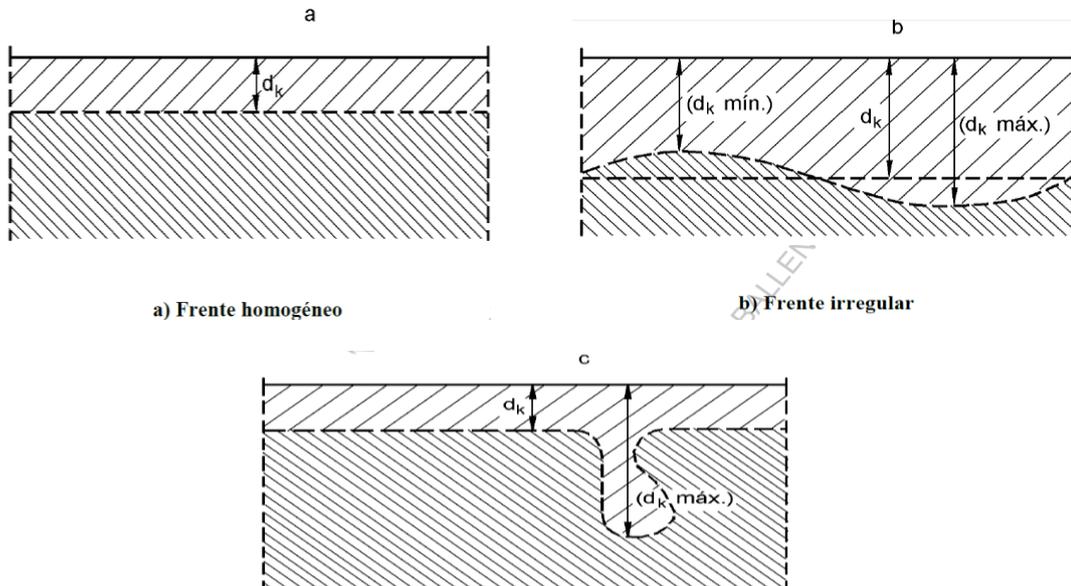
Las medidas se deben tomar con una precisión de 0,5 mm.

En las determinaciones debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- a) Si la carbonatación presenta un frente homogéneo, como el indicado en la figura 1.a, la profundidad de carbonatación se expresa como d_k .
- b) Cuando el frente de carbonatación aparezca de forma irregular, como el señalado en la figura 1.b, la medida se expresa como la penetración media, d_k , la penetración máxima, d_k máx., y la penetración mínima, d_k mín. De igual modo se procede cuando la carbonatación presente penetraciones singulares como la que se indica en la figura 1.c.
- c) Debe indicarse si el color que adquiere la superficie con el indicador no es rojo-púrpura sino rosado (que corresponde a un pH entre 8 y 9,5) y, en ese caso, su profundidad y frecuencia.
- d) Deben considerarse carbonatadas aéreas de transición que hayan perdido su color después de 24 h de la aplicación estando protegidas del contacto con el aire.
- f) La profundidad de la carbonatación se debe medir preferentemente en las zonas donde exista árido de pequeño tamaño.

Se debe prescindir de las medidas en las zonas con granos de árido de gran tamaño.

- g) No es aconsejable medir la profundidad de la carbonatación en las esquinas de los elementos de hormigón, donde los componentes ácidos de la atmósfera han podido penetrar por dos caras a la vez, salvo que por esas zonas discurran las armaduras e interese conocer si ha llegado hasta ellas el frente carbonatado.



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
TESIS	PRINCIPALES ELEMENTOS AMBIENTALES QUE DEGRADAN EL CONCRETO ARMADO EN COLUMNAS DEL CENTRO EDUCATIVO INICIAL N°124, LAMBAYEQUE, 2016.					
AUTOR	Bach. BALLENA LLUÉN, HILTON JUAN					
OE.1.1.8	APUNTALAMIENTO DE VIGAS COLINDANTES A COLUMNAS 3, 4, 6 Y TIJERAL COLINDANTE C2, C5.					
m/DIA	10,0000	EQ.	10,0000	Costo unitario directo por: m	117,26	
Descripción recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
OPERARIO		hh	1,0000	0,8000	20,12	16,10
PEÓN		hh	2,0000	1,6000	14,85	23,76
						39,86
	Materiales					
CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"		kg		0,3000	4,00	1,20
MADERA EUCALIPTO D=6-8"		und		1,5000	50,00	75,00
						76,20
	Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3,0000	39,86	1,20
						1,20
OE.1.1.5	PICADO DE COLUMNAS PARA RETIRAR MORTERO DE TARRAJEO					
m²/DIA	15,0000	EQ.	15,0000	Costo unitario directo por : m²	71.04	
Descripción recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
OFICIAL		hh	1,0000	0,5333	16,52	8,81
PEÓN		hh	1,0000	0,5333	14,85	7,92
						16,73
	Materiales					
MADERA TORNILLO		p ²		0,0625	5,00	0,31
						0,31
	Equipos					
TALADRO CINCELADOR		hm	1,0000	0,5333	100,00	53,33
ANDAMIO METÁLICO		día	1,0000	0,0667	10,00	0,67
						54,00
OE.1.1.6	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO (COLUMNAS)					
m³/DIA	5,0000	EQ.	5,0000	Costo unitario directo por: m³	407,70	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
OPERARIO		hh	1,0000	1,6000	20,12	32,19
OFICIAL		hh	1,0000	1,6000	16,52	26,43
PEÓN		hh	1,0000	1,6000	14,85	23,76
						82,38
	Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3,0000	82,38	2,47

MARTILLO NEUMATICO (para compresora)	hm	2,0000	3,2000	8,00	25,60
COMPRESORA NEUMATICA	hm	1,0000	1,6000	185,78	297,25
					325,32

OE.2.1.2.1 EXCAVACIÓN DE ZANJA PARA PERMITIR DEMOLICIÓN DE COLUMNAS A NIVEL DE CIMENTACIÓN

m³/DIA	2,0000	EQ.	2,0000	Costo unitario directo por : m ³	61,18		
Descripción recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
PEÓN		hh	1,0000	4,0000	14,85	59,40	59,40
	Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3,0000	59,40	1,78	1,78

O.E.2.1.4.2 RELLENO COMPACTADO CON EQUIPO CON MATERIAL DE PRESTAMO

m³/DIA	18,0000	EQ.	18,0000	Costo unitario directo por: m ³	108,01		
Descripción recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
OFICIAL		hh	1,0000	0,4444	16,52	7,34	
PEÓN		hh	6,0000	2,6667	14,85	39,60	46,94
	Materiales						
MATERIAL DE PRESTAMO		m ³		1,2000	50,00	60,00	
AGUA		m ³		0,0800	9,00	0,72	60,72
	Equipos						
COMPACTADORA DE PLANCHA		día	0,1250	0,0069	50,00	0,35	0,35

OE.2.1.6 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MÁQUINA

m³/DIA	45,0000	EQ.	45,0000	Costo unitario directo por: m ³	66,70		
Descripción recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
PEÓN		hh	0,2500	0,0444	14,85	0,66	0,66
	Equipos						
RETROEXCAVADORA 93HP		hm	1,0000	0,1778	128,11	22,78	
CAMION VOLQUETE DE 15 m ³		hm	1,0000	0,1778	243,31	43,26	66,04

OE.2.3.7.3		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS				
m ² /DIA	8,0000	EQ.	8,0000	Costo unitario directo por: m ²	66,74	
Descripción recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OPERARIO		hh	1,0000	1,0000	20,12	20,12
PEÓN		hh	1,0000	1,0000	14,85	14,85
						34,97
Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg		0,3050	4,00	1,22
CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"		kg		0,1500	4,00	0,60
MADERA TORNILLO		p ²		5,7800	5,00	28,90
						30,72
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3,0000	34,97	1,05
						1,05
OE.2.3.7.1		CONCRETO EN COLUMNAS f'c=210 kg/cm2				
m ³ /DIA	12,0000	EQ.	12,0000	Costo unitario directo por: m ³	470,77	
Descripción recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OPERARIO		hh	1,0000	0,6667	20,12	13,41
OFICIAL		hh	1,0000	0,6667	16,52	11,01
PEÓN		hh	8,0000	5,3333	14,85	79,20
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	3,0000	2,0000	10,22	20,44
						124,06
Materiales						
PIEDRA CHANCADA 1/2"		m ³		0,7250	31,00	22,48
ARENA GRUESA		m ³		0,4000	32,50	13,00
CEMENTO PORTLAND TIPO MS (42.5 kg)		bol		9,7200	23,00	223,56
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE PARA CONCRETO		l		12,9000	5,50	70,95
AGUA		m ³		0,1800	9,00	1,62
						331,61
Equipos						
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	0,9150	0,6100	7,00	4,27
MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1,0000	0,6667	15,00	10,00
ANDAMIO METÁLICO		día	1,0000	0,0833	10,00	0,83
						15,10

OE.3.2.5		TARRAJEO DE COLUMNAS				
m ² /DIA	6,0000	EQ.	6,0000	Costo unitario directo por: m ²		46,65
Descripción recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OPERARIO		hh	1,0000	1,3333	20,12	26,83
PEÓN		hh	0,5000	0,6667	14,85	9,90
						36,73
Materiales						
ARENA		m ³		0,0250	30,00	0,75
CEMENTO PORTLAND TIPO MS (42.5 kg)		bol		0,1750	23,00	4,03
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE PARA MORTERO		l		0,6000	5,50	3,30
AGUA		m ³		0,0060	9,00	0,05
						8,13
Equipos						
REGLA DE ALUMINIO 1" X 4" X 8"		und		0,0020	60,00	0,12
ANDAMIO METÁLICO		día	1,0000	0,1667	10,00	1,67
						1,79
OE.3.11.1		PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES Y EXTERIORES				
m ² /DIA	33,0000	EQ.	33,0000	Costo unitario directo por: m ²		9,38
Descripción recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OPERARIO		hh	1,0000	0,2424	20,12	4,88
						4,88
Materiales						
LIJA PARA PARED		plg		0,2500	1,20	0,30
PINTURA LATEX LAVABLE		gal		0,0833	38,00	3,17
IMPRIMANTE		kg		0,0400	22,00	0,88
						4,35
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3,0000	4,88	0,15
						0,15

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

TESIS: PRINCIPALES ELEMENTOS AMBIENTALES QUE DEGRADAN EL CONCRETO ARMADO EN COLUMNAS DEL CENTRO EDUCATIVO INICIAL N°124, LAMBAYEQUE, 2016.

AUTOR: Bach. BALLENA LLUÉN, HILTON JUAN

Item	Descripción	Und.	Metrado	días	SEMANA 1	SEMANA 2
OE	ESTRUCTURAS					
OE.1.1	TRABAJOS PRELIMINARES					
OE.1.1.8	APUNTALAMIENTO DE VIGAS COLINDANTES A COLUMNAS 3, 4,6 Y EN TIJERAL COLINDANTE A COLUMNAS 2 Y 5.	m	8,55	0,86		
OE.1.1.5	PICADO DE COLUMNAS PARA RETIRAR MORTERO DE TARRAJEO	m ²	7,98	0,53		
OE.1.1.6	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO (COLUMNAS)	m ³	1,08	0,22		
OE.2.1.2.1	EXCAVACIÓN DE ZANJA PARA PERMITIR DEMILICIÓN DE COLUMNAS A NIVEL DE CIMIENTACIÓN	m ³	8,75	4,38		
O.E.2.1.4.2	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m ³	10,50	0,58		
OE.2.1.6	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES	m ³	10,50	0,23		
OE.2.3	CONCRETO ARMADO					
OE.2.3.7	COLUMNAS					
OE.2.3.7.3	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	m ²	9,84	1,23		
OE.2.3.7.1	CONCRETO EN COLUMNAS f'c=210 kg/cm2	m ³	1,08	0,09		
OE.3	ARQUITECTURA					
OE.3.2	REVOQUES Y REVESTIMIENTOS					
OE.3.2.5	TARRAJEO COLUMNAS	m ²	14,58	2,43		
OE.3.11	PINTURA					
OE.3.11.1	PINTURA LÁTEX EN MUROS INTERIORES Y EXTERIORES	m ²	14,58	0,44		
				10.99		

METRADOS

METRADOS

TESIS: PRINCIPALES ELEMENTOS AMBIENTALES QUE DEGRADAN EL CONCRETO ARMADO EN COLUMNAS DEL CENTRO EDUCATIVO INICIAL N°124, LAMBAYEQUE, 2016.

AUTOR: Bach. BALLENA LLUÉN, HILTON JUAN

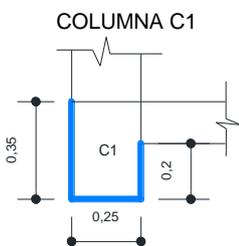
OE ESTRUCTURAS

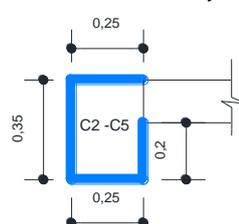
OE.1.1 TRABAJOS PRELIMINARES

ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
OE.1.1.8	APUNTALAMIENTO DE VIGAS COLINDANTES A COLUMNAS 3, 4, 6 Y EN TIJERAL COLINDANTE A COLUMNAS 2 Y 5.							8,55	m

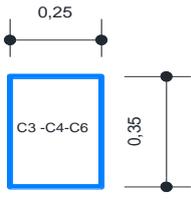
DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
ENTRE C2 y C3 ,C4 y C5	2,00	1,00	2,85			5,70	8,55	
ENTRE C5 y C6	1,00	1,00	2,85			2,85		

ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
OE.1.15	PICADO DE SECCIÓN DE COLUMNAS PARA RETIRAR MORTERO DE TARRAJEO.							7,98	m ²

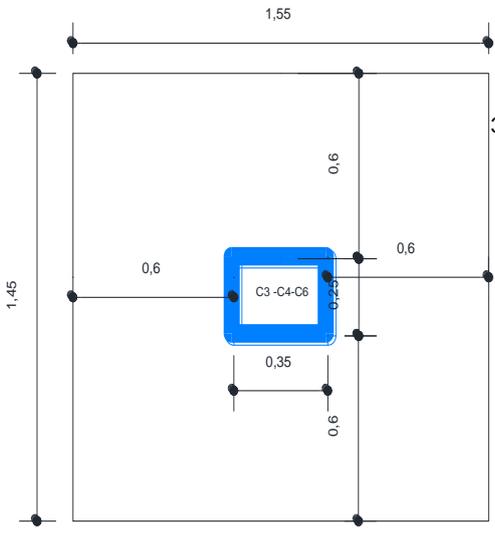
DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
<p>COLUMNA C1</p> 	1,00	1,00	2,75	0,80		2,20	7,98	

DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
<p>Entre COLUMNA C2 y C5</p> 	2,00	1,00	2,75	1,05		5,78		

ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
OE1.1.6	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO (COLUMNAS)							1,08	m ³

ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
	COLUMNA C3-C4-C6								
		3,00	1,00	0,35	0,25	4,10	1,08	1,08	

ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
OE.2.1.2.1	EXCAVACIÓN DE ZANJA PARA PERMITIR DEMOLICIÓN DE COLUMNAS A NIVEL DE CIMENTACIÓN							8,75	m ³

ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
	COLUMNA C3-C4-C6								
		3,00	1,00	1,45	1,55	1,35	9,10	8,75	
	SECCIÓN DE COLUMNA 25X35cm (-)								
		3,00	-1,00	0,35	0,25	1,35	-0,35		

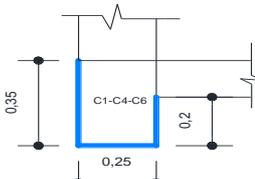
ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
OE.2.1.4.2	RELLENO COMPACTADO CON EQUIPO CON MATERIAL DE PRESTAMO	3,00	1,00	1,45	1,55	1,35	9,10	10,50	m ³

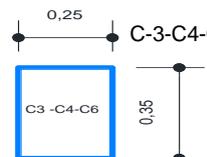
DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
CONCRETO SECCIÓN C3-C4-C6	3,00	-1,00	0,35	0,25	1,35	0,35	-	Esponj.20%

ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
				LARGO	VOLUMEN	Esponj. 20%			
OE.2.1.6	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MÁQUINA							10,50	m ³
	Excavación alrededor de columna de OE.2.1.4.2.	3,00	1,00		9,10	1,2	10,92		
	Concreto sección C3-C4-C6 de ítem OE.2.1.4.2.	3,00	1,00		-0,35	1,2	-0,42		

OE.2.3 CONCRETO ARMADO

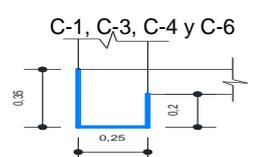
OE.2.3.7 COLUMNAS

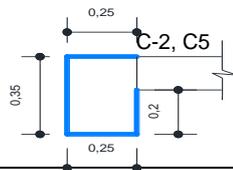
ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
OE.2.3.7.3	Columnas-encofrado y desencofrado C3-C4-C6							9,84	m ²
		3,00	1,00	4,1000	0,35		4,31		
		3,00	1,00	4,1000	0,25		3,08		
		3,00	1,00	4,1000	0,20		2,46		

ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
OE.2.3.7.1	Columnas-concreto f'c=210kg/cm ²							1,08	m ³
	 C-3-C4-C6	1,00	1,00	0,3500	0,25	4,10	0,36		
		1,00	1,00	0,3500	0,25	4,10	0,36		
		1,00	1,00	0,3500	0,25	4,10	0,36		

OE.3 ARQUITECTURA

OE.3.2 REVOSQUES Y REVESTIMIENTO

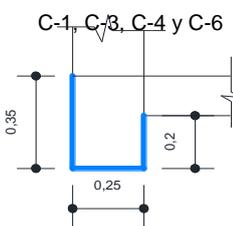
ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
OE.3.2.5	TARRAJEO DE COLUMNAS							14,58	m ²
		4,00	1,00	0,3500		2,75	3,85		
		4,00	1,00	0,2500		2,75	2,75		
		4,00	1,00	0,2000		2,75	2,20		



C-2, C5	2,00	2,00	0,2500	2,75	2,75
	2,00	1,00	0,3500	2,75	1,93
	2,00	1,00	0,2000	2,75	1,10

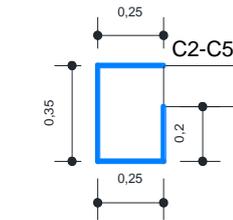
2.02 PINTURAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	N° DE ELEM.	N° DE VECES	MEDIDAS			SUB TOTAL	TOTAL	UNIDAD
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
OE.3.11.1	PINTURA LÁTEX EN MUROS INTERIORES Y EXTERIORES							14,58	m ²



C-1, C-3, C-4 y C-6

	4,00	1,00	0,35	2,75	3,85
	4,00	1,00	0,25	2,75	2,75
	4,00	1,00	0,20	2,75	2,20



C2-C5

	2,00	2,00	0,25	2,75	2,75
	2,00	1,00	0,35	2,75	1,93
	2,00	1,00	0,20	2,75	1,10

INSUMOS

INSUMOS

TESIS: PRINCIPALES ELEMENTOS AMBIENTALES QUE DEGRADAN EL CONCRETO ARMADO EN COLUMNAS DEL CENTRO EDUCATIVO INICIAL N° 124, LAMBAYEQUE, 2016.

AUTOR: Bach. BALLENA LLUÉN, HILTON JUAN

Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
OPERARIO	hh	42,1000	20,12	847,09
OFICIAL	hh	11,3700	16,52	187,83
PEÓN	hh	108,4500	14,85	1 610 50
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2,1600	10,22	22,08
				2 667 50
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	3,0000	4,00	12,00
CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	4,0400	4,00	16,16
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³	0,7800	31,00	24,27
ARENA	m ³	0,3600	30,00	10,94
ARENA GRUESA	m ³	0,4300	32,50	14,04
MATERIAL DE PRESTAMO	m ³	12,6000	50,00	630,00
AGUA	m ³	0,8400	9,00	7,56
CEMENTO PORTLAND TIPO MS (42.5 kg)	bol	13,0500	23,00	300,12
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE PARA CONCRETO	l	13,9300	5,50	76,63
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE PARA MORTERO	l	8,7500	5,50	48,11
MADERA TORNILLO	p ²	57,3700	5,00	286,87
MADERA EUCALIPTO D=6-8"	und	12,8300	50,00	641,25
LIJA PARA PARED	plg	3,6500	1,20	4,37
PINTURA LÁTEX	gal	1,2100	38,00	46,15
IMPRIMANTE	kg	0,5800	22,00	12,83
AGUA	m ³	0,2800	9,00	2,54
				2 133 84
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			41,33
REGLA DE ALUMINIO 1" X 4" X 8"	und	0,0300	60,00	1,75
COMPACTADORA DE PLANCHA	día	0,0700	50,00	3,63
TALADRO CINCELADOR	hm	4,2600	100,00	425,57
MARTILLO NEUMÁTICO (para compresora)	hm	3,4600	8,00	27,65
COMPRESORA NEUMÁTICA	hm	1,7300	185,78	321,03
RETROEXCAVADORA 93HP	hm	1,8700	128,11	239,17
CAMIÓN VOLQUETE DE 15 m ³	hm	1,8700	243,31	454,24
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	0,6600	7,00	4,61
MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	0,7200	15,00	10,80
ANDAMIO METÁLICO	día	3,0500	10,00	30,53
				1 560 31
			TOTAL	6 361 65

GASTOS GENERALES

DESAGREGADO DE GASTOS GENERALES

TESIS: PRINCIPALES ELEMENTOS AMBIENTALES QUE DEGRADAN EL CONCRETO ARMADO EN COLUMNAS DEL CENTRO EDUCATIVO INICIAL N°124, LAMBAYEQUE, 2016.

AUTOR: Bach. BALLENA LLUÉN, HILTON JUAN

Item	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	PU	SUBTOTAL
1	Gastos de Residente de Obra	mes	0,33	6 000	2 000 00
2	Gasto de Maestro de Obra	mes	0,33	3 000	990,00
3	Ensayos de compresión	und.	3,00	70,00	210,00
4	Gastos de movilidad	día	6,00	150,00	900,00
Total					4 100 00
					64,45%

PRESUPUESTO

Presupuesto						
TESIS: PRINCIPALES ELEMENTOS AMBIENTALES QUE DEGRADAN EL CONCRETO ARMADO EN COLUMNAS DEL CENTRO EDUCATIVO INICIAL N°124, LAMBAYEQUE, 2016.						
AUTOR: Bach. BALLENA LLUÉN, HILTON JUAN						
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	ParcialS/.	
OE	ESTRUCTURAS				5 544 73	
OE.1.1	TRAJABOS PRELIMINARES				4 379 58	
OE.1.1.8	APUNTALAMIENTO DE VIGAS COLINDANTES A COLUMNAS 3, 4, 6 Y EN TIJERAL COLINDANTE A COLUMNAS 2 Y 5.	m	8,55	117,26	1 002 57	
OE.1.1.5	PICADO DE COLUMNAS PARA RETIRAR MORTERO DE TARRAJEO	m ²	7,98	71,04	566,90	
OE.1.1.6	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO (COLUMNAS)	m ³	1,08	407,70	440,32	
OE.2.1.2.1	EXCAVACIÓN DE ZANJA PARA PERMITIR DEMOLICIÓN DE COLUMNAS A NIVEL DE CIMENTACIÓN	m ³	8,75	61,18	535,33	
OE.2.1.4.2	RELLENO COMPACTADO CON EQUIPO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m ³	10,50	108,01	1 134 11	
OE.2.1.6	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MÁQUINA	m ³	10,50	66,70	700,35	
OE.2.3	CONCRETO ARMADO				1 165 15	
OE.2.3.7	COLUMNAS				1 165 15	
OE.2.3.7.3	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	m ²	9,84	66,74	656,72	
OE.2.3.7.1	CONCRETO EN COLUMNAS f _c =210 kg/cm ²	m ³	1,08	470,77	508,43	
OE.3	ARQUITECTURA				816 92	
OE.3.2	REVOQUES Y REVESTIMIENTOS				680,16	
OE.3.2.5	TARRAJEO COLUMNAS	m ²	14,58	46,65	680,16	
OE3.11	PINTURA				136,76	
OE.3.11.1	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES Y EXTERIORES	m ²	14,58	9,38	136,76	
COSTO DIRECTO						6 361 65
GASTOS GENERALES						4 100 00
UTILIDAD 10%						636,17
SUBTOTAL						11 097 82
IMPUESTO (IGV 18%)						1 997 61
SUPERVISION 10%						636,165
TOTAL PRESUPUESTO						13 095 43

Matriz de Consistencia

TÍTULO: Principales elementos ambientales que degradan el concreto armado en columnas del centro educativo inicial N° 124, Lambayeque 2016.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE UNICA	METODOLOGÍA
¿Cuáles son los principales elementos ambientales que degradan el concreto armado en columnas del centro educativo inicial N° 124, Lambayeque 2016?	Describir los principales elementos ambientales que degradan el concreto armado en columnas del centro educativo inicial N° 124, Lambayeque 2016.			1. ENFOQUE: cuantitativo
	OBJETIVO ESPECÍFICO			2. TIPO DE INVESTIGACIÓN: aplicada descriptiva
	1. Identificar la concentración de dióxido de carbono atmosférico, en el centro educativo inicial N° 124.	Dentro de los principales elementos ambientales que dañan el concreto armado en las columnas del centro educativo inicial N° 124, es el CO ₂ el cual se presupone reacciona y disminuye la alcalinidad del concreto a un pH de 8, afectando de esta manera su resistencia a la compresión axial.	Principales elementos ambientales que degradan el concreto armado en columnas.	3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN: no experimental, transversal y sectorial
	2. Describir la data meteorológica de la zona de estudio.			4. MÉTODO: análisis – síntesis; deductivo – inductivo
	3. Determinar la presencia del CO ₂ atmosférico, en los núcleos de concreto extraídos a las columnas del centro educativo inicial N° 124.			5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: no experimental
	4. Determinar la resistencia a la compresión axial en los núcleos de concreto extraídos a las columnas del centro educativo inicial N° 124.			6. UNIDAD DE ANÁLISIS: columnas de concreto armado
	5. Proponer la reparación de las columnas del concreto del centro educativo inicial N° 124, en base a los resultados obtenidos.			7. POBLACIÓN: 06 columnas del centro educativo inicial N° 124, Lambayeque
				8. MUESTRA: 06 columnas de concreto armado del centro educativo inicial N° 124, Lambayeque
				9. MARCO MUESTRAL: plano estructural del centro educativo inicial N° 124, Lambayeque
				10. TÉCNICA: 10.1. Normas estandarizada: NTP339.059.2011, NTP 339 034: 2013, UNE EN 14630:2006, UNE 112011
				11. INSTRUMENTOS: 11.1. Reactivo de fenoltaleína 11.2. Taladro diamantina y prensa hidráulica
				12. JUSTIFICACIÓN: la presente investigación, encuentra su fundamento teórico en la degradación del concreto que se lleva a cabo todos los días en miles de estructuras en todo el mundo, debido a los parámetros meteorológicos del ambiente que interactúan con el concreto armado desarrollando el proceso de carbonatación; disminuyendo la función protectora tanto del concreto como del acero de refuerzo (Nieves, M., Nava, V., Rolón, A., Garza, F., Hervert, Z., Torres, A. & Baltasar, Z. 2006). En relación a lo mencionado, es el CO ₂ atmosférico que aunado a la humedad, temperatura y acción del viento se difunde a través de los poros del concreto (material poroso), reaccionando y generando carbonatos, disminuyendo de esta manera su alcalinidad que frente a la prueba de fenoltaleína se hace observable mediante el cambio de coloración, determinando así la profundidad de carbonatación (Burgos. 2012), además de la prueba de resistencia a la compresión del concreto, que nos confirma su durabilidad en el tiempo (Vizcaíno, 2014 citado por Licor, 2016). La presente investigación, encuentra su justificación práctica al situarnos en un contexto alarmante, al observarse que a pocos años de haber sido construido la infraestructura, el concreto armado de las columnas ya se encuentra carbonatados esto luego de haber sido ensayados mediante la fenoltaleína y resistencia a la compresión, confirmándose de esta manera su degradación.

Fuente: adaptado de la matriz

PLANOS