

**Las nuevas técnicas para el desarrollo y
evaluaciones de las estructuras de hormigón**

**New techniques for the development and
evaluations of concrete structures**

Raúl Andrés Villao-Vera¹
Universidad Península de Santa Elena- Ecuador
rvillao@upse.edu.ec

doi.org/10.33386/593dp.2022.3-1.1134

V7-N3-1 (may) 2022, pp. 176-190 | Recibido: 12 de abril de 2022 - Aceptado: 27 de abril de 2022 (2 ronda rev.)
Edición Especial

¹ Docente Universidad Península de Santa Elena
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9125-6535>

Descargar para Mendeley y Zotero

RESUMEN

Desde tiempos remotos se vienen usando compuestos que permitan a la humanidad mejorar sus condiciones de vida. El uso del concreto tiene una historia muy larga, obras de hace más de 2000 años, como las de tecnología romana, mostró su capacidad en el manejo del concreto estructural, elaborado con pasta de caliza calcinada (cal viva) y adición de ceniza puzolánica. Actualmente, se han desarrollado nuevos compuestos, pero básicamente el concreto mantiene los mismos componentes originales, y a nivel mundial, el concreto es el material más utilizado en la construcción y seguirá formando una gran parte de su infraestructura. El presente trabajo pretende determinar las técnicas usadas actualmente para el desarrollo de la sociedad y la manera de evaluar las estructuras hechas de hormigón. Para ello, se identificarán las características más resaltantes de la construcción en hormigón; se describirán algunas de las técnicas de mayormente usadas en la actualidad en la construcción de estructuras en hormigón para finalmente conocer las técnicas actuales para evaluar las estructuras hechas de hormigón. La metodología que se empleó en la investigación se basó en un diseño bibliográfico, que consiste en la revisión minuciosa y sistemática de la literatura disponible en diversos medios sobre el tema. La evaluación de construcciones presenta sus desafíos, pero es un aspecto fundamental en el proceso de mantenimiento de obras civiles y con mayor relevancia cuando este proceso evidencia fallas que pudieran poner en riesgo la obra y con ello la seguridad de las personas que se sirven de éstas.

Palabras clave: hormigón, estructuras, construcción, evaluación de estructuras

ABSTRACT

Compounds that allow humanity to improve their living conditions have been used since ancient times. The concrete use has a very long history, works from more than 2000 years ago, such as those of Roman technology, showed its capacity in the handling of structural concrete, made with calcined limestone paste (quicklime) and the addition of pozzolanic ash. Currently, new compounds have been developed, but basically concrete maintains the same original components, and globally, concrete is the most used material in construction and will continue to form a large part of its infrastructure. The present work intends to determine the techniques currently used for the development of society and the way to evaluate the structures made of concrete. To do this, the most outstanding characteristics of concrete construction will be identified; Some of the techniques mostly used today in the construction of concrete structures will be described to finally know the current techniques to evaluate structures made of concrete. The methodology used in the research was based on a bibliographic design, which consists of a thorough and systematic review of the literature available in various media on the subject. The evaluation of constructions presents its challenges, but it is a fundamental aspect in the maintenance process of civil works and with greater relevance when this process shows failures that could put the work at risk and with it the safety of the people who use them.

Key words: concrete, structures, construction, evaluation of structures

Introducción

La construcción de diferentes tipos de estructuras con multiplicidad de propósitos no es reciente. Puede afirmarse que la elaboración de estructuras con fines de refugio, de vías de comunicación y transporte, suntuarias y muchas más, viene dada en relación directa con el desarrollo mismo de la humanidad.

En este sentido, se observa que, en las culturas antiguas como los egipcios y posteriormente romanos, así como también los Incas y Mayas, por nombrar solo alguno de los casos más conocidos y resaltantes, realizaron grandiosas obras de infraestructura que aún perduran, cediendo muy poco ante la intemperie y el paso de los años en algunos casos. De igual manera, se destacan hallazgos precolombinos, en el Centro de México, que corroboran la observancia de grandes losas, en diferentes etapas constructivas utilizando un material parecido al concreto moderno Ramírez et al. (2010). Por su parte, Prudente y Vallejo (2019) mencionan que “Las puzolanas formaban parte del cemento de estructuras antiguas en Egipto, Grecia y Roma. También hay evidencia que sugiere que se usó cerámica triturada durante el período minoico temprano (3000-1500 a. C.) para hacer morteros de cal.” (p.17). Vale agregar que la puzolana es un material alumino-silíceo que, con una granulometría fina y en combinación con hidróxido de calcio y adecuada humectación favorece una reacción química que produce un compuesto cementante, usado como cemento en la antigüedad.

Entonces se menciona que, entre los materiales más utilizados por los romanos se encuentran la piedra o mampostería, ladrillo, mármol y hormigón, y con el paso del tiempo, los romanos perfeccionaron el uso de este compuesto combinándolo con otros elementos de origen volcánico para obtener una argamasa más resistente y duradera. Los romanos utilizaron ampliamente este primitivo hormigón, el cual era muy duro, conocido como mortero hidráulico o cemento hidráulico, empleándolo en estructuras como edificios, baños públicos y acueductos,

muchas de éstas sobreviven en la actualidad. En este sentido Ortega (2021) menciona que:

Los acueductos que construyeron los romanos son una obra magnífica de ingeniería y que algunos perduran hasta nuestros días. El primer acueducto que se construyó fue el Aqua Appia data del año 312 a. C. El causante de que perduren algunas construcciones se debe al hormigón que usaban, este formaba una pasta resistente y compacta, y como se puede comprobar no empeoraba sus capacidades con el paso del tiempo. (p.4)

Se conoce que, la forma y estilo de construcción romana se extendió por las regiones hasta donde alcanzó su imperio, sin embargo, fue hasta mediados del siglo XIX, en Europa, cuando alcanzó su verdadero desarrollo. El hormigón es un material que ha evolucionado en relación directa con los avances tecnológicos y los materiales que lo componen en la actualidad no siempre han sido los mismos.

En la actualidad, el hormigón está presente en infinidad de construcciones y estructuras, en su mayoría civiles, debido a su gran versatilidad, durabilidad y economía. Según, Quintana (2020) “Se consideró a Vivat como el padre del hormigón debido a que, en 1817 en Francia, enunció el principio del cemento que endurece al combinarlo con agua, conocido como cemento hidráulico artificial” (p.15). A partir de allí, este compuesto pasó a ser cada vez más usado en la construcción a nivel mundial.

En este sentido, el hormigón pasó a formar parte del desarrollo de la humanidad, estando presente en los grandes proyectos de estos tiempos modernos, entre los cuales destacan algunos ejemplos:

- *El Pentágono*, en Washington D.C., EE.UU.: Construido entre los años 1.941 y 1.943. Se estima en más de 800.000 toneladas de hormigón y hoy en día es el edificio de oficinas más grande del mundo.

- *Presa Hidroeléctrica de las Tres Gargantas*, en china, entre los años 1.993 al 2.009. Se utilizaron aproximadamente 65 millones de toneladas de hormigón.
- *Las Torres Petronas*, en Kuala Lumpur, Malasia: Se utilizaron 385.000 toneladas de hormigón, llegando a ser, entre los años 1.998 al 2.003, las estructuras más altas del mundo hechas por humanos.
- *Edificio Burj Khalifa*, en Dubái: Inaugurado en enero de 2.010, se necesitó poco más de 100.000 toneladas de hormigón para su construcción. Actualmente es el edificio de mayor altura y está construido en concreto de alta resistencia.

De esta manera, los puentes, calzadas, naves, muelles, vías de comunicación y sus estaciones terrestres, marítimas y aéreas, viaductos, lugares de recreación y esparcimiento, instalaciones industriales, deportivas y muchas otras han nacido a la luz del concreto. Sin duda, las posibilidades de aplicaciones del cemento u hormigón son diversas, incluso ha llegado a utilizarse en el mundo de las artes.

Como resultado de todo lo expuesto anteriormente, el objetivo que se plantea en la presente investigación es determinar las nuevas técnicas para el desarrollo y evaluación de las estructuras de hormigón.

Método

La investigación se basó en un diseño bibliográfico de tipo documental. El diseño se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase, donde se efectúa un proceso de abstracción científica, generalizando sobre la base de lo fundamental, partiendo de forma ordenada y con objetivos precisos (Palella y Martins, 2010).

La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información de diversas fuentes, con el objeto de organizarla describirla e interpretarla de acuerdo con ciertos

procedimientos que garanticen confiabilidad y objetividad en la presentación de los resultados Palella y Martins (2010). Para lograr este propósito se utilizó herramientas como textos, documentos y artículos científicos publicados disponibles en la web.

Los objetivos de esta investigación se fundamentan en identificar las características resaltantes de la construcción en hormigón, describir las técnicas usadas en la actualidad en la construcción de estructuras en hormigón y conocer las técnicas actuales para evaluar la construcción de las estructuras de hormigón.

Desarrollo

El hormigón. tipos y sus características

El Hormigón es un material que resulta al mezclar agregado fino, grueso, cemento y agua. Por definición, hormigón procede del término fórmico o formáceo, que es una palabra latina que alude a la cualidad de ser dúctil y moldeable o de dar forma. El término concreto, empleado en América, se deriva del latín concretus, que significa agregado o condensado, en alusión a la mezcla de sus componentes. (Carrasco, 2017)

También se menciona que, es un compuesto que resulta ser simple y complejo a la vez. Lo primero porque se compone básicamente de pocos elementos constitutivos, está al alcance de la mayoría de las personas y por su fácil y rápida preparación, su alta eficacia y moldeabilidad casi infinita. Por otro lado, Su complejidad deriva de la incorporación de aditivos químicos como consecuencia de los descubrimientos y avances tecnológicos, con el fin de agregar nuevas y mejores propiedades al concreto. Al respecto, Chanta y Zuta (2020) afirman que:

Para mejorar las propiedades del concreto no solo se mejoran las proporciones de los agregados, sino que también adicionan aditivos, unos de los aditivos prácticamente nuevos son los aditivos a base de policarboxilato, estos se usan para mejorar la resistencia del concreto,

sus propiedades mecánicas entre otras.
(p.4)

En la actualidad, es de suma importancia establecer las adecuadas propiedades del hormigón para obtener altas resistencias, la máxima eficiencia y mayor durabilidad, según sea el propósito en el cual se empleará. Según Durand (2017) las propiedades del hormigón “dependen en gran medida de la calidad y proporción de los componentes de las mezclas y de las condiciones de humedad y temperatura, durante los procesos de fabricación, compactación y fraguado” (p.30)

Ahora bien, el hormigón está compuesto en mayor o menor grado por los siguientes ingredientes:

- Aglomerante entre 10 a 15 %: En este caso es el cemento hidráulico, el cual es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse después de ponerse en contacto con el agua. El más común actualmente es el Clínter Portland, y CEMEX S.A.B (2022) lo define como:

“Un producto en forma de gránulos o pequeñas bolas, de entre 0,5 y 25 mm, principalmente, que se forma a partir de la calcinación de caliza, y arcilla, y otros componentes minoritarios, a temperaturas que oscilan entre los 1350 y 1450°C. Estos gránulos, triturados y mezclados con yeso y diferentes adiciones, permiten fabricar los distintos tipos de cemento y, posteriormente, hormigón”. (s/n)

Hormigón armado

Se le llama también concreto armado u hormigón reforzado. Es una técnica de construcción que combina el uso de dos materiales, que son el hormigón y el acero, con el objeto de obtener gran resistencia a la tracción. La unión de estos materiales se usa en

la edificación de losas, vigas, muros, columnas, fundaciones y otros elementos estructurales. La principal cualidad del concreto es su gran resistencia a la compresión mientras que en contraposición está su debilidad o carencia de tracción Quintana (2020).

En virtud de esta situación, a partir de la segunda mitad del siglo XIX, particularmente en Europa, se realizaron estudios que permitieron determinar que el uso del acero influiría favorablemente en el desempeño de este compuesto. En este sentido Hurtado (2018) menciona que:

La combinación resultante de ambos materiales se denomina hormigón armado, la unión de los dos materiales aprovecha las ventajas de cada uno, como son: un costo bajo, buena resistencia al clima y al fuego, alta resistencia a compresión, ductilidad y tenacidad del acero para solicitaciones de flexión. (p.1)

Por lo tanto, el hormigón armado es el que presenta en su interior un reforzamiento o armazón metálicos para añadir capacidad de tensión y tracción, permitiendo resistir incluso esfuerzos de torsión. El hormigón armado posee un gran número de capacidades posibles y puede adecuar su intensidad de acuerdo a las intenciones de cada proyecto.

Hormigón pretensado

También conocido como Concreto Presforzado, en la construcción de estructuras de hormigón que se someten a cargas o esfuerzos de compresión antes de su trabajo real. Según el Instituto Americano del Concreto como lo citó Meza (2017) define el concreto presforzado como concreto en el cual han sido introducidos esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes debido a cargas externas son contrarrestados a un grado deseado. El presfuerzo intencional se hace con la finalidad de conseguir un mejor comportamiento y resistencia del concreto en condiciones severas de servicio.

Dado el creciente uso del concreto en los diferentes ámbitos del quehacer humano, aumenta también la demanda de diseños y usos de este material. En tal sentido, gracias al hormigón armado y pretensado, de acuerdo a Yépez (2017) citado en Quintana (2020) se consigue:

Gran flexibilidad en el diseño, un mayor control de costes y plazos, un íntegro control de calidad, una mayor rapidez de ejecución y montaje, gran durabilidad, resistencia al fuego, aislamiento acústico, gran seguridad en obras y la inexistencia de escombros (p.24)

Además, agrega que los avances tecnológicos han contribuido al mejoramiento de este compuesto para dar respuesta a las necesidades de la sociedad. Todo lo anterior, da cuenta de algunas de las bondades que se le atribuyen a este material de construcción, por lo que se ha difundido tanto su uso.

Hormigón post-tensado

Se le llama de esta manera al hormigón que es sometido a esfuerzos de compresión luego de haber sido vaciado, fraguado y habiendo adquirido su resistencia característica. Para ello se utilizan comúnmente armaduras activas, como cables de acero, montadas dentro de vainas. En este sentido, es fundamentalmente una variación mejorada del hormigón armado, que también posee resistencia a los trabajos de tracción y tensión. En referencia a lo antes mencionado Almeida y Armas (2019) indican que:

El postensado es una derivación del pretensado, pero en este caso se fabrica la pieza de hormigón dejando orificios longitudinales o conductos que siguen el mismo perfil que se haya decidido para los tendones de postensado. La colocación de estos conductos se realiza previo al vaciado del hormigón. Una vez endurecido el hormigón se enhebran dichos conductos pasando por su interior el acero, y mediante equipos adecuados (gatos de tensado) se procede posteriormente a su estiramiento hasta

alcanzar la tensión deseada en cada uno. (p.11)

Con el uso de esta técnica de construcción se reducen las dimensiones del canto de la estructura en hormigón por su capacidad de resistir a la tensión, por lo que también, se reduce el material utilizado, aminorando costos y aligerando el peso de la estructura. Se emplea con frecuencia en la construcción de viaductos y puentes atirantados.

Técnicas más utilizadas en la fabricación en base al hormigón

Las Técnicas de Construcción son un conjunto de recursos y procedimientos que se emplean en los procesos de desarrollo, construcción y fabricación de una obra de ingeniería o arquitectónica. Estas técnicas de Construcción varían según el propósito, tamaño, ubicación al cual está dirigida su realización.

De esta manera, el rápido aumento de la población demanda más y mejores resultados en el área de la construcción, y esto va de la mano con los avances tecnológicos y el desarrollo de la investigación para mejorar los materiales de construcción existentes y lograr otros nuevos, ha permitido la entrega de obras en menos tiempo, con menor costo y para multitud de usos. En este sentido, en la actualidad resaltan algunas técnicas novedosas de construcción en hormigón, que por su gran demanda merecen ser mencionadas a continuación:

Placas de concreto prefabricadas

Esta forma de construcción consiste en el mezclado, vaciado y curado del material en moldes reusables con una geometría específica y bajo condiciones ambientales controladas, para posteriormente llevarlo a la obra o sitio donde se requiere. Al respecto, Barriga y Rodríguez (2017) afirman que “la prefabricación consiste en elaborar las partes de una estructura por separado, en un lugar distinto al de su posición final, para ser luego llevados a obra y ser ensamblados” (p.26).

Además, tomando en cuenta que el concreto es un producto versátil al construir utilizando la tecnología del prefabricado, las opciones son interminables. En virtud de lo práctico de este sistema, en muchos países a nivel mundial ya se vienen trabajando diversos proyectos bajo esta modalidad, que proveen calidad y mayor rapidez en la conclusión de las obras. Su aplicación está presente principalmente en la elaboración de vigas, columnas, muros, losas, pilotes, túneles, tuberías, paneles de muros de carga, viguetas y trabes.

A continuación, a manera de ejemplo, se muestra en la Figura 1 aplicaciones de esta técnica, como adoquines, tuberías y edificaciones:

Figura 1

Ejemplos de la técnica de concreto prefabricados, adoquines, tuberías y edificaciones



Fuente: (BECOSAN, 2020)

Construcción volumétrica 3D

Esta técnica de construcción se deriva de la técnica de placas, e incluye la preconstrucción de unidades o módulos completos. Luego de su fabricación, estas unidades son ensambladas en la obra con gran precisión en el sitio definitivo. En este sentido, cabe destacar que esta técnica de construcción se apoya en los avances tecnológicos de punta de la era digital, para lo cual incorpora software especializado como Auto CAD, el cual es un software de diseño asistido por ordenador (CAD, por sus iniciales en inglés), con el que ingenieros, arquitectos y profesionales de la construcción proyectan para crear dibujos y formas precisas en 2D y 3D.

De igual manera, la construcción modular es una “técnica constructiva en la cual los módulos son elaborados en una fábrica con todas las instalaciones técnicas contenidas y a continuación transportadas al emplazamiento, listos para su ocupación” (Hamkhiyan, 2019, p.12)

Entre las bondades de esta técnica de construcción destaca la alta resistencia al fuego y aislamiento acústico. Otras ventajas no menos importantes son la rapidez en la ejecución, control de calidad realizada en la fábrica, control de costos, máximo aprovechamiento de los materiales y adaptabilidad a las necesidades de uso. No obstante, esta técnica de construcción por módulos volumétricos de hormigón armado se caracteriza por su elevado peso. Además, para que sea rentable en términos económicos, el número de módulos a fabricar ha de ser elevado. Hamkhiyan (2019). Adicionado a esto, es necesario contar con infraestructura de fabricación robotizada de las piezas de hormigón armado y maquinaria especializada.

Por los hándicaps antes mencionados, este tipo de construcción no está muy difundida actualmente. En tal sentido, Reyes (2018) plantea que “un número reducido de empresas, universidades e investigadores están realizando este tipo de estudios, por lo que el sector de la construcción todavía está por detrás en el desarrollo de la impresión 3D” (p.8).

De igual manera se muestra en la Tabla 1 la comparación de los sistemas de construcción 1D, 2D y 3D en cuanto a sus características principales:

Tabla 1

Cuadro comparativo de sistemas de construcción 1D, 2D y 3D

	Sistemas 1D y 2D	Sistemas 3D
Diseño	Básicamente igual, aunque en el primer caso los mecanismos de conexión entre componentes adquieren mayor importancia	
Fabricación	Pueden acometerla los mismos fabricantes que comercializan al mismo tiempo otros elementos prefabricados lineales y/o superficiales	Requiere moldes especiales. Actualmente hay fabricantes que se han especializado en esta tecnología
Transporte	Más sencillo, al ser piezas más ligeras el transporte puede optimizarse ya que no hay volumen inerte como en los módulos	Más complejo y costoso
Ejecución	Mayor número de tareas a realizar en obra	Ejecución más simple y rápida

Fuente: (Structuralia, 2017)

Bases prefabricadas

Esta técnica consiste en hacer bases de edificaciones, incluyendo pilares, pilotes, losas, vigas y pudiendo conectar varias bases entre ellas. Significa además muchas ventajas. Por ejemplo, permite mejores resultados bajo condiciones climáticas adversas, es necesario excavar menos y es ideal cuando se trata de suelos blandos, contaminados o difíciles.

Ahondando en detalles, Martínez y Rodríguez (2017) se refieren al uso de pilotes como:

El sistema de pilote prefabricado hincado a presión es una buena alternativa para las cimentaciones de estructuras como el monorriuel y para terrenos blandos, funcionando como pilotes columna y transmitiendo las cargas en punta a una capa lo suficientemente firme para aguantar la sollicitación, sin que sufra alguna rotura del estrato y en cambio la hincada del pilote genere una mejora a las características propias del mismo. (p.15)

Otro caso en esta técnica son las losas. Se conoce comúnmente una losa como una sucesión de vigas unidas. CEMPOSA (2022) “una losa es un elemento estructural horizontal utilizado para hacer que una superficie sea plana, se trate de pisos, entresijos e incluso los techos de una construcción” Así, la función principal de una losa es recibir directamente las cargas que actúan sobre los mismos para transferirlos a las vigas, los elementos más comunes para la sustentación de las losas son las columnas, los muros de carga y las vigas perimetrales.

Además, los pilares prefabricados en concreto (reforzado o pretensado) son elementos estructurales que poseen cualidades atractivas para la construcción, puesto que entre sus prestaciones están la resistencia a la tracción, compresión, fácil transportación, maniobrabilidad y moldeables. Dada su versatilidad, son una de las mejores opciones estructurales utilizadas en las obras, tanto si se construyen con estructuras metálicas o con losas. Los pilares son pre moldeados en variedad de configuraciones y también pueden tener ductos para el flujo de agua o ménsulas para soportar vigas, cableado eléctrico, todo según a las necesidades de cada proyecto. PRECON (2021), el diseño de los pilares puede ser rectangular o redondo, según conveniencia o estética, y están hechos para soportar las vigas o losas. Permiten al constructor un amplio rango de diseño y obtener una mayor rapidez en la ejecución de la obra.

Encofrado de concreto

El encofrado o formateado, es una técnica en la que se utiliza un molde (temporal o permanente) de madera o acero con el fin de mantener la armadura y el concreto dentro de éste durante el fraguado. Dentro de la construcción, la labor del encofrado puede estar catalogada por su posición en la obra, el tipo de material de los moldes y la técnica relacionada con el proceso. UMACOM (2019). Además, refiere que los encofrados pueden ser horizontales o verticales.

Técnicas actuales para evaluar la construcción de las estructuras de hormigón

El hormigón es un material presente en casi todas las construcciones actuales. La exitosa combinación del hormigón y el acero de refuerzo abrió una gran puerta para su uso masivo. Hoy en día se sabe a ciencia cierta que el hormigón armado es un material que con el paso del tiempo y por múltiples factores sufre deterioros o degradaciones y no es eterno como se pensó en un principio. (Ipiates, 2015). Del mismo modo, este autor agrega que cuando las estructuras presentan daños externos, por lo general desarrollan síntomas detectables a simple vista, lo que permite hacer una observación y evaluación previa del problema.

Adicional a estos aspectos, Ley (2019) menciona que para verificar las estructuras de hormigón deben realizarse ensayos para determinar su resistencia. Estos en ocasiones se deben realizar “in situ” en estructuras ya existentes que por diversas situaciones han resultado afectadas o dañadas y deben modificarse para corregir sus fallas.

La mayoría de los expertos consideran que la humedad, temperatura, cargas, contaminación biológica, movimientos, fallas en el proceso de construcción, entre otros factores, inciden en la aparición de manifestaciones de daños existentes en estructuras. La evaluación estructural consiste en realizar un análisis de la estructura existente para determinar el estado actual de estructura. También se realiza en caso de ampliaciones de niveles, para determinar si la estructura base requiere o no un reforzamiento.

Entre los ensayos más comunes que se realizan para determinar la resistencia del hormigón en estructuras ya existentes según Ley (2019) son:

- Ensayos a compresión de probetas testigo
- Ensayo no destructivo, determinación del índice de rebote

- Ensayo no destructivo, determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos
- Determinación de la fuerza de arrancamiento (pull-out, con placa de reparto insertada) (p.113)

En la mayoría de los casos, el proceso de evaluación de una estructura de hormigón lo lleva a cabo un grupo de expertos en la materia y generalmente se realiza según parámetros establecidos y normalizados para que los resultados arrojados sean homogéneos y precisos.

Asimismo, según el Instituto Valenciano de la Edificación (IVE, 2005) al realizar inspecciones in situ deben observarse los daños y tomar pruebas de las viguetas de los forjados por dos razones: una es por que “este elemento es mas sensible en cuanto a la seguridad” (p.19) y la otra razón es por que a través de la muestra se logra determinar el tipo de cemento y de hormigón así como la calidad de su recubrimiento, además las muestras son necesarias para complementar con ensayos en laboratorio.

En cuanto a los aspectos cualitativos del hormigón se deben considerar ciertos aspectos como la calidad del mismo y su color. Además de estos aspectos el (IVE, 2005) menciona que es importante analizar la carbonatación y el proceso de corrosión pues esto puede generar la corrosión en la armadura del hormigón lo que permite determinar la profundidad del frente carbonatado.

Cuando se menciona un ensayo destructivo se refiere a la manera de hallar la resistencia que tiene una estructura de hormigón, y se realiza extrayendo un núcleo para que según indican Mejía et al. (2020) sea sometido a “un esfuerzo de compresión creciente hasta su rotura” (p.39). Estos núcleos extraídos son de menos tamaño que los normalizados de manera que la estructura no se vea afectada y los calculos de resistencia sean los mas precisos posibles, para las respectivas reparaciones.

En la investigación realizada por Saif

(2019) menciona que los ensayos destructivos del hormigón como su palabra lo indica se refiere a aquellos que producen algún daño a la muestra que se debe analizar para poder determinar el comportamiento de dicho material sometiendo a diferentes esfuerzos tanto de compresión como de tracción que permitirá analizar las capacidades del hormigón en estudio. Es decir por medio de estos procesos el material es llevado hasta el límite de su resistencia para poder conocer las posibles fallas existentes en el material sometido a situaciones extremas. Asimismo indica que los ensayos destructivos más comunes son:

- Compresión simple
- Resistencia a tracción
- Ensayo de corte
- Dureza
- Flexión
- Termofluencia
- Desgaste

En otro orden de ideas, los ensayos no destructivos del hormigón según menciona Saif (2019) son aquellos donde el hormigón no sufre daños mayores y permiten conocer la calidad de la mano de obra así como la resistencia del material, esta técnica puede ser utilizada tanto en estructuras antiguas como nuevas. Asimismo menciona que los ensayos no destructivos más comunes son:

- Inspección Visual: Es un paso esencial antes de realizar cualquier ensayo no destructivo.
- Método de potencial eléctrico de la armadura central: Es usado para detectar la corrosión de las barras de refuerzo en el hormigón.
- Martillo Schmidt o esclerómetro: Empleado para evaluar la dureza

superficial del concreto y la resistencia a la compresión.

- Prueba de profundidad de carbonatación: Se utiliza para determinar si la humedad ha llegado hasta las barras de acero y por medio de esto saber si existe corrosión.
- Ensayo de permeabilidad: Es utilizado para medir el flujo de agua a través del hormigón.
- Resistencia a la penetración o pistola Windsor: Sirve para medir la resistencia de la superficie y de las capas adyacentes a la superficie del hormigón.
- Ensayo de medición de recubrimiento: Es empleado para medir la distancia de las barras de acero debajo del recubrimiento de hormigón y también es utilizado para medir el diámetro de las barras.
- Ensayos de radiografía: Es utilizado para detectar vacíos en el hormigón y la posición de los conductos de tendido.
- Ensayo de velocidad de pulso ultrasónico: Principalmente para medir la velocidad del sonido a través del hormigón y la resistencia a la compresión.
- Modelado tomográfico: Es el que utiliza los datos de transmisión ultrasónica en dos o más direcciones para detectar grietas en el hormigón.
- Ensayo de eco impacto: Para detectar huecos, desprendimientos y otras anomalías en el hormigón.
- Ensayo de radar de penetración en el suelo o de radar de impulsos: Es utilizado para detectar la posición de las barras de refuerzo o conductos de tensión.
- Termografía Infrarroja: Es utilizado para detectar vacíos y otras anomalías en el hormigón o también para detectar puntos de entrada de agua en las paredes de la edificación

Por otra parte, Mejía et al. (2020) indica que dentro de los ensayos no destructivos se encuentra el ultrasonido, y a través de esta técnica

muy utilizada se mide la velocidad de los pulsos que emite el ultrasonido a través del concreto. Este consiste en utilizar un equipo contentivo de un emisor y un receptor los cuales se ubican en la zona a evaluar y determina datos a través de graficas por medio de las cuales se indica la resistencia de acuerdo a la velocidad utilizada

Si existen fisuras evidentes en las superficies es necesario ubicarlas para su respectiva medición y distinción del origen de la fisura para conocer la gravedad de la misma pues de acuerdo al daño que presenten tendran un nivel de riesgo para la estructura.

Es importante indicar que la resistencia del hormigón viene determinada por la resistencia que tiene el agregado grueso utilizado en su fabricación además del cemento y la cantidad de agua que se le agrega, de igual manera se debe considerar que cada región posee agregados gruesos y cemento con diferentes composiciones por lo que la resistencia varia tambien de acuerdo a esto.

Conclusiones

Existen diversos tipos de hormigón el más comúnmente usado es el hormigón armado, pues es capaz de soportar altas cargas de resistencia, en cuanto a compresión, y tracción. Esta combinación de cemento y acero le hace fuerte por lo tanto es utilizado en la construcción de diferentes estructuras, desde edificios hasta puentes.

De igual manera existen diferentes composiciones del hormigón que van a variar de acuerdo a la región donde sea fabricado y también de acuerdo a la función que se le va a dar al material de manera que pueda soportar las agresiones propias del ambiente como de cualquier otro factor al que deba estar enfrentado.

Igualmente se menciona que para agregarle más resistencia al hormigón se ha descubierto con el tiempo que agregarle dosis de otros materiales o aditivos como sílice o

plastificante permite que posea menos porosidad, tenga mayor durabilidad y resistencia.

Existen diversos tipos de técnicas para poder evaluar las estructuras de hormigón tanto nuevas como antiguas que servirán para determinar fallas y los riesgos que estas fallas provoquen en las estructuras. Así como también permite conocer cuan resistente es un material utilizado en una construcción o estructura.

Estas técnicas o ensayos son necesarios para verificar cualquier daño que tenga una estructura y se utiliza la que más se adapte a los requerimientos que los expertos consideren necesarios y de acuerdo a las necesidades del material a evaluar.

Discusión

Uno de los ámbitos principales de la sociedad son las construcciones civiles, dentro de este sector se pueden encontrar obras tales como viviendas, edificios, etc., y entre los materiales más utilizados en cada una de estas construcciones se encuentra el hormigón o concreto. Éste un compuesto constituido por la mezcla, en proporciones adecuadas, de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

En la actualidad, producto de investigaciones y la incorporación de los avances tecnológicos se ha logrado obtener mayores grados de resistencia con la aplicación de diferentes técnicas como lo son el concreto armado, concreto prestresado y postensado.

Por su resistencia, se emplea en la mayoría de los edificios, túneles, puentes y presas. Este material es duradero y con las características adecuadas no se debilita por la humedad, el moho o plagas. Además, es muy versátil pues puede usarse y adaptarse a un sin número de

obras. Igualmente, su costo de mantenimiento es bajo, es asequible, resistente al fuego, entre otras bondades.

No obstante, en ocasiones se presentan problemas que pudieran derivarse de elementos estructurales provenientes de un uso inadecuado, sobrecargas, condiciones de exposición, diseño inadecuado, prácticas defectuosas de construcción o mantenimientos mal realizados.

Los procesos de diagnóstico y evaluación de las condiciones de una estructura de hormigón o concreto constituye un aspecto muy importante, ya que, según sea su resultado, se tomarán las acciones a seguir en función de corregir o subsanar las patologías encontradas, si la hubiere. En este sentido, la interpretación de los resultados de las evaluaciones es crucial a la hora de tomar dichas acciones.

No existe una receta única y universal para realizar diagnóstico y evaluación en una construcción que tiene varios años en servicio. Los deterioros manifiestos no pueden ser atribuidos a únicas causas. cuando aparecen señales de problemas, lo más recomendable es realizar una inspección o preliminar para evaluar las condiciones en que se encuentra el inmueble.

En caso de que la evaluación inicial determine la necesidad de una investigación más rigurosa, se procede a la inspección detallada y exhaustiva. Finalmente, se emite un informe pormenorizado del estudio realizado en el inmueble.

Referencias bibliográficas

- Almeida, J., & Armas, A. (2019). *Diseño u compración económica de la super-estructura de un puente de 30 metros de luz considerando variantes de losa con vigas de hormigón postensado y vigas-losas-cajón*. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Civil mencion estructuras, Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20424>
- Barriga, A., & Rodríguez, J. (2017). *Propuesta de diseño de un módulo de vivienda de bajo costo utilizando muros de concreto prefabricado en Trujillo*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, Trujillo, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/3568>
- BECOSAN. (19 de Junio de 2020). *Concreto prefabricado*. Recuperado el 29 de Marzo de 2022, de https://www.becosan.com/es/concreto-prefabricado/#Elementos_de_concreto_prefabricado.
- Carrasco, D. (2017). *Las capacidades primitivas del hormigón armado*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de https://oa.upm.es/48260/1/DAVID_CARRASCO_ROUCO.pdf
- CEMEX S.A.B. (Marzo de 2022). *Clinker*. Recuperado el 28 de Marzo de 2022, de CEMEX produce y comercializa clínter, el ingrediente principal con el que se fabrica el cemento: <https://www.cemex.es/productos-y-soluciones/clinker?inheritRedirect=true>
- CEMPOSA. (2022). *¿Qué es una losa?* Recuperado el 28 de Marzo de 2022, de Guía completa sobre este elemento de construcción: <https://blog.cemposa.mx/blog/que-es-una-losa-guia-completa>
- Chanta, D., & Zuta, C. (2020). *Influencia de aditivos basados en policarboxilato*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <http://repositorio>.

urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3824/CIV-T030_46266653_T%20%20%20CHANTA%20MU%c3%91OZ%20D A N Y % 2 0 F E R N A N D O . pdf?sequence=1&isAllowed=y

Durand, A. (2017). *Influencia del óxido de calcio en la trabajabilidad , fraguado, compresión, densidad, porosidad y absorción del concreto para elementos estructurales, Trujillo 2017*. Tesis para optar el título de Ingeniera Civil, Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12743/Durand%20Cuidad%2c%20Adriana%20Jes%c3%bas.pdf?sequence=10&isAllowed=y>

Hamkhiyan, T. (2019). *Diseño de un edificio residencial de gran altura mediante construcción modular eficiente*. Trabajo de Fin de Master para optar al título de Ingeniería Industrial, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona, España. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/173765/tfm-memoria-taronh.pdf>

Hurtado, J. (2018). *Comparación Técnica-Económica del entrepiso de un edificio de diez plantas con sistema dual que emplea losas de hormigón armado o de hormigon postensado*. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19768>

Instituto Valenciano de la Edificación, IVE.

(2005). *Guía para la Inspección y Evaluación Preliminar de estructuras de hormigón en edificios existentes*. Informe. Obtenido de <https://www.arquitectosdecadiz.com/wp-content/uploads/2017/12/Guia-inspeccion-estructuras-de-hormigon.pdf>

Ipiiales, M. (2015). *Guía de evaluación de estructuras de hormigon armado y procedimientos de ensayos no destructivos, previo a su intervención y reparación*. Disertación previa a la obtención del título de Ingeniero Civil, Universidad Internacional del Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2205>

Ley, J. (2019). *Evaluación de Estructuras de Hormigón Armado*. España: ACHE, Asociación Española de Ingeniería Estructural. Obtenido de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/211151/1/M33HormiArma.pdf>

Martínez, A., & Rodríguez, M. (2017). *Guía para hincado a presión de pilotes prefabricados de concreto reforzado en cimentación profunda, con base en reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR 10)*. Monografía de investigación para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad la Gran Colombia. Obtenido de <https://repositorio.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5542/1.%20GU%c3%8dA%20PARA%20HINCADO%20A%20PRESI%c3%93N%20DE%20PILOTES%20PREFABRICADOS%20DE%20CONCRETO%20>

REFORZADO % 20 EN % 20
CIMENTACION % 3 % 9 3 N % 20
PROFUNDA % 2 c % 20 CON % 20
BASE % 20 EN % 20 REGLAMENTO % 20
COLOMBIANO % 20 DE %

Mejía, W., Orozco, J., & Rojas, A. (2020). Diagnóstico de estructuras de hormigón utilizando ultrasonido. *Revista Colombiana de Tecnología Avanzada*, 1(35). doi:<https://doi.org/10.24054/16927257.v35.n35.2020.3915>

Meza, L. (2017). *Aspectos fundamentales del concreto presforzado*. Trabajo de Diploma presentado para Obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/3828/1/51464.pdf>

Ortega, J. (2021). *Inventos ingenieriles de la época romana que perduran hasta nuestros días*. Trabajo de fin de grado, Universidad de Sevilla, Departamento de ingeniería electrónica, Sevilla, España. Obtenido de <https://idus.us.es/handle/11441/127693>

Palella, S., & Martins, F. (2010). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Caracas: FEDUPEL.

PRECON. (2021). *Pilares*. Recuperado el 28 de Marzo de 2022, de <https://preconprefabricados.com.br/prefabricado-de-concreto-nossos-produtos/pilares/>

Prudente, M., & Vallejo, R. (2019). *Utilización de la adición de arcilla calcinada*

mas caliza (LC2) en la producción de hormigones de altas prestaciones. Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4772>

Quintana, M. (2020). *El hormigón material versátil perspectivas de futuro*. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Granada. Obtenido de URI: <http://hdl.handle.net/10481/68916>

Ramírez, H., Vera, R., & Mejía, M. (2010). Materiales cementantes y concretos en las antiguas culturas americanas. *Ingeniería*, 14(1), 67-74. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/467/46713348007.pdf>

Reyes, H. (2018). *Estudio de las características del hormigón para su uso en una máquina de impresión: selección de propiedades, ensayos experimentales y diseño de mezcla*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, Santiago de Chile. Obtenido de [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/153009/Estudio-de-las-caracter% c3 % adsticas -del -hormig % c3 % b3 n -para -su -uso -en -una -m % c3 % a1 quina -de -impresi % c3 % b3 n .pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/153009/Estudio-de-las-caracter%c3%adsticas-del-hormig%c3%b3n-para-su-uso-en-una-m%c3%a1quina-de-impresi%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Saif, I. (2019). *Análisis comparativo entre ensayos destructivos y no destructivos de la resistencia del hormigón con diferentes métodos de dosificación*. Disertación previa a la obtención del título de

Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Ecuador . Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/17797>

Structuralia. (22 de Febrero de 2017). *Construcción modular en hormigón: una tendencia imparable*. Recuperado el 28 de Marzo de 2022, de <https://blog.structuralia.com/construccion-modular-en-hormigon-una-tendencia-imparable-parte-2>

UMACON. (27 de Agosto de 2019). *Tipos de encofrados y usos recomendados*. Recuperado el 28 de Marzo de 2022, de <http://www.umacon.com/noticia.php/es/tipos-de-encofrados-para-la-construccion/458>