



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS
LLANOS OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
BARINAS ESTADO BARINAS



CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN EDIFICACIONES

Autoras:

Dariana Nieto

C.I: V-26.927.050

María Alarcón

C.I: V-24.748.042

Tutor:

Rafael Rodríguez

C.I: V-15.073.385

Barinas, Febrero de 2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS
LLANOS OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
BARINAS ESTADO BARINAS**



CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN EDIFICACIONES

**Trabajo Especial de Grado presentado como requisito parcial para optar
por el título de: Ingeniero Civil**

Autoras:

Dariana Nieto
C.I: V-26.927.050
María Alarcón
C.I: V-24.748.042

Tutor:

Rafael Rodríguez
C.I: V-15.073.385

Barinas, Febrero de 2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS
LLANOS OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
BARINAS ESTADO BARINAS**



APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Tutor del Informe de Trabajo de Grado presentado por las ciudadanas, Dariana Nieto con Cédula de Identidad N°V-26.927.050 y María Alarcón con Cédula de Identidad N°V-24.748.042 para optar al Grado de **Ingeniero Civil**, titulado: **CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN EDIFICACIONES**, considero que dicho Trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Barinas, a los 10 días del mes de Febrero de 2023.

Ing. Rafael Rodríguez

C.I.: V- 15.073.385



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS
LLANOS OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
BARINAS ESTADO BARINAS**



**CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
EN EDIFICACIONES**

Autoras:

Dariana Nieto

C.I: V-26.927.050

María Alarcón

C.I: V-24.748.042

APROBACIÓN DE JURADOS

Trabajo de Grado aprobado en nombre de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora", por el siguiente Jurado, en la ciudad de Barinas a los _____ días del mes de _____ de _____.

JURADO C.I.

JURADO C.I.

TUTOR C.I.

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado se lo quiero dedicar en primer lugar a Dios, por permitirme cumplir esta meta propuesta y por haberme dado las fuerzas necesarias en los momentos de debilidad y tristeza. A mis padres, mi novio y familiares por ese gran apoyo que me han brindado incondicionalmente desde el inicio y en la culminación de mi carrera. Siendo ellos mi fuente de inspiración y admiración, motivándome siempre para cumplir mis metas. Y en especial le dedico este logro a mi Abuela Carmen González, que aunque no estuvo presente físicamente, sé que desde el cielo estuvo acompañándome durante esta trayectoria.

Dariana Nieto

Primeramente dedico este triunfo a Dios y a la Virgen por darme sabiduría, entendimiento y por permitirme que nunca desmayara. A mis padres Eulalia Alarcón, Sava Toro y Luis Alarcón, que desde el cielo siempre me cuidaron, acompañaron y me dieron la fuerza para seguir adelante. A mis hermanos por ser mi motor para salir adelante. Dedico este triunfo a mi hermana Migdalia Alarcón por ser mi ejemplo a seguir y creyó en mí desde el principio de mis estudios y aun hasta lo último me ayudo incasablemente. A mis sobrinos por ser el regalo más lindo que Dios me regalo, y por sacarme una sonrisa cuando más lo necesito. A mis primos por estar ahí cuando los necesito. También le dedico este logro a mi hijo que viene en camino, para que a futuro le sirva como ejemplo para su crecimiento espiritual, profesional y para que en algún momento de su vida se sienta orgullo de su mamá. Dios primeramente algún día puedas leer estas pequeñas palabras que te he dedicado. Te amo hijo. Por ultimo dedico esta meta a mi esposo Marcelino Terán por ser mi apoyo incondicional, por estar siempre en las buenas y en las malas. ¡Gracias mi amor, te amo mucho!.

María Alarcón

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios todo poderoso, quien me ha llenado de salud, amor y paciencia para alcanzar cada uno de mis objetivos. A mis padres, mi novio y familiares por el apoyo, la ayuda y los consejos que me brindan en todo instante. A la UNELLEZ porque mediante su plan de estudio y el excelente personal, permite el desarrollo profesional, de quienes egresan de esta casa de estudio, a mi tutor académico Rafael Rodríguez por su colaboración para conseguir los objetivos de mi trabajo de grado. A todos... Mil gracias!.

Dariana Nieto

Primeramente le doy mi más gran agradecimiento a Dios, por ser mi inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mi familia por ser mi motor para seguir adelante, y siempre estar ahí cuando más los necesito. A la Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” (UNELLEZ) de Barinas, por abrirme las puertas y ofrecerme el conocimiento necesario en lo que compete mi carrera. A todos mis profesores por contribuir en mi formación académica, y siempre tener paciencia en enseñarme. A mi tutor académico Rafael Rodríguez por la paciencia, el tiempo dedicado, por sus consejos y apoyo para la realización del presente trabajo de grado. ¡Mil gracias!

María Alarcón

INDICE

Página

Aprobación del tutor	iii
Aprobación de jurados.....	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen	xi
Introducción	1

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

Planteamiento del problema	3
Objetivos de la investigación	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	6
Justificación	6
Alcances.....	8
Limitaciones.....	8

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes.....	9
Bases teóricas	12
Bases legales	28

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

Diseño de la investigación	34
Tipo de la investigación	35
Población y muestra	35
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
Técnica de análisis y procesamiento de datos	37
Sistema de variables	39

CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS 40

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones	49
Recomendaciones	52
Referencias bibliográficas.....	53

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro N°1: Relación Agua/Cemento máxima permisible para concreto sin incorporador de aire.....	16
Cuadro N°2: Requisitos para condiciones de estanqueidad.....	20
Cuadro N°3: Requerimientos para concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos.....	21
Cuadro N°4: Mapa de variables.....	39
Cuadro N°5: Análisis documental de la resistencia del concreto a la compresión.....	41
Cuadro N°6: Análisis documental del módulo de elasticidad del concreto....	42
Cuadro N°7: Análisis documental de la rigidez de la estructura.....	43
Cuadro N°8: Análisis documental de la exposición del concreto a condiciones especiales.....	44
Cuadro N°9: Análisis documental de la resistencia requerida y resistencia de diseño.....	45
Cuadro N°10: Análisis documental de la resistencia a corte.....	46
Cuadro N°11: Análisis documental de las Vigas-Pared.....	47
Cuadro N°12: Análisis documental de la compresión simple en el diseño de columnas.....	48

INDICE DE FIGURAS

Página

Figura N°1: Diagrama esfuerzo-deformación para diferentes calidades de concreto.	17
Figura N°2: Aumento de la sección transversal (caso 1) y disminución de la longitud (caso 2) de una columna de concreto.	18
Figura N°3: Fisuración por flexión y corte.	23
Figura N°4: Brazo de par interno M_{ud} en vigas de gran altura.	25
Figura N°5: Viga-Pared.	25



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS
LLANOS OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
BARINAS ESTADO BARINAS**



**CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
EN EDIFICACIONES**

Autoras:

Dariana Nieto

María Alarcón

Tutor:

Rafael Rodríguez

Fecha:

Febrero 2023

RESUMEN

La resistencia a compresión como propiedad principal del concreto, es fundamental para asegurar una estructura segura y duradera, lo que le da a los profesionales de la carrera ingeniería civil la responsabilidad de construir proyectos que afiancen la seguridad de los que harán vida en la edificación, por ende es necesario el estudio profundo de los criterios que lleven a tomar la mejor decisión en la selección de tan importante propiedad. Atendiendo a la necesidad que se tiene de ampliar los conocimientos referentes al concreto y su selección, se presenta el siguiente trabajo de investigación orientado a realizar un compendio de criterios mediante una síntesis de las normas y reglamentos de diseños estructurales para la elección de la resistencia del concreto en proyectos de edificaciones. Para cumplir este objetivo fue preciso un diseño bibliográfico tipo documental donde la población finita de estudio fueron las normas referentes a la resistencia del concreto en edificaciones, aplicando como técnicas la observación documental y el fichaje. Obteniendo como resultado un instrumento de consulta para contribuir al mejoramiento de la buena práctica de la ingeniería, concluyendo así que para la correcta elección de la resistencia a la compresión del concreto en estructuras es necesario estudiar factores como: el módulo de elasticidad, la rigidez, la exposición del ambiente, la resistencia requerida, la resistencia a corte y flexión. Por otro lado, se recomienda incorporar a los estudiantes de la carrera ingeniería civil en el estudio de los avances recientes del concreto, se sugiere incorporar en el programa de formación, el contenido sobre los criterios de la resistencia del concreto, de tal manera que los conduzcan a elegir las correctas pautas de la compresión del concreto.

PALABRAS CLAVES: Criterios, resistencia, concreto.

INTRODUCCIÓN

En el área de la construcción civil el concreto es el material más empleado, permitiendo levantar pequeñas y grandes edificaciones, las cuales contribuyen al desarrollo de los países. Este importante material es una mezcla homogénea conformada por cemento, agregados (piedra y arena), y agua; dichos componentes en conjunto le proporcionan al concreto la propiedad de resistencia. En muchos casos, esta propiedad se ve afectada al no dosificar o seleccionar de forma adecuada los elementos que constituyen la mezcla, también al carecer de conocimientos acerca de los criterios de diseño a utilizar acorde a cada tipo de edificación.

La demanda de estructuras hechas de concreto en la actualidad ha aumentado la necesidad de lograr obras de mayor resistencia a las acciones del medio ambiente, es decir de durabilidad mayor. Lo que ha conllevado realizar investigaciones que ocasionan demoras al construir por haber mucha información dispersa.

De allí, la importancia de este trabajo el cual aspira ser una contribución más al conocimiento sobre el concreto, particularmente encaminada a los criterios para la elección de la resistencia del concreto en edificaciones, recopilando las teorías existentes en las Normas Venezolanas y distintas referencias bibliográficas aplicables en el país, para proponer un compendio que estará a disposición de estudiantes y profesionales de la ingeniería civil que busquen amplificar su intelecto, con el propósito de ejercer la buena práctica de dicha carrera y optimizar el uso de los recursos financieros que a su vez garanticen seguridad, calidad y permanencia de las edificaciones en concreto.

El trabajo de grado se desarrolló en cinco capítulos:

CAPÍTULO I, Contextualización del Problema e interrogantes que motivan la investigación, objetivos de la investigación planteados a través del objetivo general y los objetivos específicos, justificación de la investigación que es de interés a los resultados del estudio.

CAPÍTULO II, Marco Teórico, comprende los antecedentes de la investigación que sirven de referencia al estudio, las bases teóricas y las bases legales, como fundamentos bibliográficos y documentales.

CAPÍTULO III, Marco Metodológico, contiene la naturaleza, tipo y diseño de investigación utilizada, la población y la muestra objeto de estudio, las técnicas e instrumentos de recolección de información, validez del instrumento y operacionalización de las variables.

CAPÍTULO IV, Análisis e Interpretación de la información adquirida mediante la recopilación, para dar respuesta a la finalidad de la investigación.

CAPÍTULO V, Abarca los aspectos más relevantes obtenidos durante el desarrollo del trabajo, es decir, las conclusiones y posibles recomendaciones a la problemática previamente detectada.

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el diseño de un proyecto estructural se puede considerar una estructura como un sistema, siendo esto un conjunto de elementos unidos entre sí para un fin común, en el caso de las estructuras el fin que se persigue es soportar las cargas de servicio que tendrá la edificación. Siempre considerando cubrir los requerimientos de estética bajo un costo aceptable. Por su parte las estructuras de concreto son conceptuadas como estructuras con una vida útil duradera con bajos costo dirigidos al mantenimiento, debido a esto es que son las más empleadas en el mundo de la construcción. Sin embargo, es necesario tener un amplio conocimiento acerca del concreto para llevar a cabo estos proyectos y poder garantizar así la seguridad de las personas y seres vivos que van hacer uso del inmueble, tomando un papel importante para ello la resistencia del concreto, la cual para su elección no siempre se evalúan con detalle los criterios necesarios para asegurar que la resistencia sea la adecuada para la edificación.

De acuerdo, con Patiño y Méndez (2017) cuando expresan que: “Para asegurar que el concreto suministrado en un proyecto cumpla con los parámetros específicos debe conducirse un programa de calidad fundamentado en normas y procedimientos estadísticos.” (p.1). Es decir, que para garantizar que el concreto empleado en las construcciones sea el correcto, es crucial conocer los lineamientos que el Reglamento del American Concrete Institute establece en materia de la resistencia del concreto y en las normas establecidas en Venezuela, porque en ellas se instituye los

requerimientos detallados para el desarrollo de prácticas, componentes, productos, materiales, acciones y demás particularidades de una edificación.

Es importante destacar, que estos preceptos establecen referentes para una equilibrada dosis de los elementos del concreto, pero los profesionales en el área de la construcción consideran la necesidad de la homogeneidad de todos estos requisitos en una sola disposición, que estén vigentes y que vaya en concordancia con las nuevas exigencias que trae consigo la nueva era cambiante y dinámica.

Para Márquez (2018): “A la hora de aplicar diferentes criterios normativos es importante conocer e informarse de la vigencia de la norma consultada para no implementar criterios que puedan ser anuladas o modificadas.” (p. 7). Es fundamental, estar siempre informados sobre las nuevas consideraciones de los principales criterios que debe cumplir el concreto, estas tienen que estar a la mano, vigentes y actualizadas para evitar complicaciones que afectaran las futuras edificaciones. Además es necesario tener claro conocimiento de las características y propiedades del concreto, puesto que los mismos influyen directamente en la resistencia.

Desconocer u obviar los criterios para elección de la resistencia del concreto en edificaciones trae como consecuencias deformaciones y agrietamiento en las estructuras que afecta su funcionalidad y estética. Estas circunstancias, están presentes en Venezuela, y en el caso particular Barinas, donde se observan comúnmente edificaciones con tales problemáticas, ocasionando la necesidad de realizar trabajos especiales para disipar estas dificultades y restaurar la estructura.

Es valioso prever y tener presente desde el inicio todos los materiales de la construcción, con especial atención en el concreto y su resistencia, ya que un factor esencial para ofrecer garantía de calidad a largo plazo, si se lleva a cabo correctamente. La eficacia del concreto, ha de ser certificada por

expertos en el área, además por herramientas de diseño asistidos por computador, donde se considere y evalué los diferentes factores que influyen.

Por la situación arriba descrita, es conveniente proponer un patrón de criterios para la elección de la resistencia del concreto en proyectos de edificaciones.

En consecuencia, el objetivo de esta investigación se despliega a través de la formulación de una serie de interrogantes que procura dar respuesta al problema, entre las que se consideran las siguientes:

1. ¿Cuáles son los documentos normativos internacionales y venezolanos, que especifican los criterios para la elección de la resistencia del concreto en proyectos de edificaciones?
2. ¿Es importante indagar sobre los criterios técnicos y legales enfocados en la resistencia del concreto en proyectos de edificaciones?
3. ¿Por qué es importante la organización de los criterios para la elección de la resistencia del concreto en proyectos de edificaciones?
4. ¿Por qué es necesario la descripción de los criterios para la elección de la resistencia del concreto en proyectos de edificaciones?

Estas preguntas marcan la pauta del estudio de la problemática que atañe a la presente exploración. Puesto, que las mismas dan la orientación en el camino y el ritmo que conduce a la investigación.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Realizar un compendio de criterios mediante una síntesis de las normas y reglamentos de diseños estructurales para la elección de la resistencia del concreto en proyectos de edificaciones.

Objetivos Específicos

- Indagar los criterios aplicables al diseño y selección de la resistencia del concreto a través del estudio de las normas y reglamentos vigentes en materia de concreto, para establecer criterio en materia de selección de la resistencia del concreto.
- Organizar los criterios técnicos y legales por orden de elementos pertenecientes al sistema estructural, para facilitar la organización del trabajo de investigación.
- Generar un instrumento de consulta mediante la organización de los aspectos fundamentales en la selección del concreto, para contribuir al mejoramiento de la buena práctica de la ingeniería.

JUSTIFICACIÓN

La resistencia del concreto es un tema muy importante de tratar en cuanto a construcciones civiles se refiere, por ser la característica principal de dicha mezcla. La resistencia correcta que se debe emplear dependerá en gran medida de la utilización que se le dé a la edificación a ejecutar, es decir, considerar los factores a los cuales será expuesta la obra. Este aspecto en ocasiones no se le reconoce el valor que tiene por dar preferencia a un enfoque que se centraliza en apresurar procedimientos sin estimar que la estructura tendrá una visión a corto plazo, como es el caso de Venezuela, donde carecen de información técnica y legal en un solo documento, generando retraso al construir, que ocasiona adoptar soluciones que no obedecen a las normas pertinentes, perdiendo propiedad la edificación.

Ante ello, se hace necesario desarrollar un sumario de criterios fundamentado en las normas y reglamentos que se requieren para realizar un proyecto de edificación, convirtiéndose en una guía que les permitirá a los profesionales de Ingeniería Civil. Poder elegir adecuadamente la resistencia

de concreto que mejor se ajuste a su sistema estructural, evitando agrietamiento de las edificaciones o gastos mayores.

Asimismo se puede resaltar que el presente trabajo no solo busca recrear un análisis simple, sino una guía que esté basada en las normas técnicas y legales, correspondientes a las normativas nacionales e internacionales.

Los criterios se van a establecer de acuerdo a los elementos estructuras que se vayan a emplear. Manteniendo un control, sin dejar de lado las normas que muchas veces suelen garantizar estructuras más ligeras. Incluso a la hora de construir una edificación, todo se engrana a la perfección sin dejar de lado el diseño estético solicitado.

En lo teórico, el trabajo expone consideraciones y conocimientos característicos de la ingeniería civil, aplicando para ello, las normas venezolanas y americanas. Desde el aspecto metodológico, es de utilidad para la universidad y país entero como modelo para investigaciones futuras, que guarden relación con el tema expuesto. En cuanto a lo práctico, es un patrón viable que se ve representado por el grado de interés de los profesionales de la facultad Ingeniería Civil, es decir cuán permisivos y responsables sean al implementar los criterios descritos en esta investigación.

Esta propuesta beneficia de forma directa a todas las personas que busquen la buena práctica del ejercicio de la ingeniería civil, al brindar una solución al problema planteado. Por otra parte, se verán beneficiados la UNELLEZ al contar como instrumento pedagógico y como base para proyectos futuros.

ALCANCES

Según, Juan (2013): “el alcance constituyen todo aquello que se puede esperar en un proyecto de investigación o qué aspectos se pretende alcanzar.” (p.01). Acorde con esto, la visión de esta investigación será lograr un compendio de criterios donde los profesionales de Ingeniería Civil, al momento de ejecutar una edificación puedan saber qué tipo de resistencia de concreto emplear buscando garantizar excelentes resultados al tomar en cuenta estos criterios, que se fundamentan en efectuar construcciones resistentes, pero sin necesidad de hacer uso excesivo de elementos estructurales en cuanto a tamaño, peso, recursos y presupuesto. Esto con base a las normas técnicas y legales establecidas a nivel nacional e internacional.

LIMITACIONES

Desde la perspectiva del Editorial Etecé (2021): “las limitaciones de un proyecto son los aspectos del mismo que no podrán cubrirse, que escapan de sus posibilidades. Se trata de sus fronteras conceptuales.” (p.01). En relación con lo citado, los límites de este estudio se enfoca en que su base está establecida de acuerdo a las leyes y normas vigentes actuales. Al momento de que dichas leyes se actualicen, considerando los elementos estructurales con nuevos materiales que van surgiendo, esta información puede quedar delimitada.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES

El marco teórico constituye una parte fundamental en un proyecto, pues se identifican las principales fuentes de información, donde el investigador se adentra de forma profunda con carácter científico, con el fin de constituir las referencias conceptuales en el cual se circunda la indagación, puestos que son la base en el cual ha de apoyarse.

Cabe señalar, que son muchas las personas que se han dedicado a estudiar acerca de los criterios para la elección de la resistencia del concreto en edificaciones. A continuación se presentan antecedentes que apoyan este trabajo de investigación:

Díaz (2014), presentó un trabajo titulado Protocolo para los Estudios de Patología de la Construcción en Edificaciones de Concreto Reforzado, donde planteó como problema la falta de unificación de criterios en los estudios de patología de la construcción en Colombia para la valoración del daño en edificaciones de concreto reforzado. Frente a esta situación, se propuso como objetivo principal la elaboración de un protocolo para los estudios de patología de la construcción que genere un diagnóstico conclusivo en las edificaciones de concreto reforzado. Para tal fin, se diseñó la estructura metodológica del proceso, a través de cinco fases de investigación: la primera fase comprende la exploración y búsqueda de fuentes secundarias y bibliográficas, la segunda fase la recolección de datos a través de la implementación del Método DELPHI y la Matriz de Vester, la tercera fase la sistematización y análisis, la fase cuarta implementa la metodología

aprobada en el proceso de investigación con la aplicación a un caso concreto de Estudio Patología de la Construcción. Por último, se diseña y construye una Guía para un Estudio de Patología de la Construcción en Edificaciones de Concreto Reforzado de mediana Altura.

Finalmente, se plantean los resultados del proceso investigativo, sus limitantes y conclusiones. La investigación permitió dar un diagnóstico conclusivo en las edificaciones de concreto reforzado en Colombia, se realiza un estudio de investigación correlacional explicativo que responde a la pregunta de investigación ¿Cómo se debe desarrollar un estudio de patología de la construcción en edificaciones de concreto reforzado?.

Aguilar (2016), en su trabajo cuyo nombre es propuesta de indicadores clave en proyectos de edificación, para ello, se planteó el siguiente objetivo presentar un grupo de indicadores por fase dentro del ciclo de vida de un proyecto que permita medir y controlar el progreso de proyectos de edificación en la construcción para una retroalimentación y mejora continua. El desarrollo de dicho grupo terminará en un indicador de resultado global para cada fase. En cuanto a la metodología la estructuró así la primera parte de este proyecto de investigación consistirá en la búsqueda de la información existente sobre los indicadores usados en otros países. En esta lista también se presentó indicadores propuestos por el autor de esta tesis. La segunda parte tendrá tres etapas. La primera consistió en agrupar los indicadores identificados de la búsqueda de la información según el tipo de indicador al que pertenezcan. Se trabajó con 2 tipos: de resultado y de proceso.

La segunda consistió en proponer un tablero de control en donde se colocarán los indicadores a presentar. Discutir la clasificación que se adoptará para dicho tablero será muy importante en esta etapa. La tercera etapa consistió en asignar indicadores a cada celda del tablero según la fase y perspectiva a la que pertenecen y validarlos según criterios de diseño y construcción de indicadores. La tercera parte consiste en desarrollar un

indicador de resultado global para cada fase del ciclo de vida de un proyecto. La cuarta y última parte permitirá presentar las conclusiones más importantes, las recomendaciones y las aclaraciones más resaltantes sobre el tema desarrollado.

Torres (2021), hizo la siguiente propuesta “diseño de concreto autocompactante para uso en construcción de edificios multifamiliares”. Este trabajo ha sido realizado con el fin de lograr el objetivo general de proponer el diseño de mezcla de concreto autocompactante para uso en construcción de edificios multifamiliares en la ciudad de Piura, 2021. La investigación es de tipo estudio descriptivo, ya que se buscó indagar y describir el método de diseño y los ensayos de caracterización del CAC.

Además, posee un enfoque cuantitativo y el diseño fue no experimental-transversal. La población seleccionada es diseño de mezclas de concreto, mientras que la muestra es diseño de concreto autocompactante. Las técnicas de recolección de datos fueron la observación, el análisis de documentos y la entrevista. Los instrumentos utilizados son la ficha de registros de datos, la guía de investigación y el cuestionario. En el diseño se siguieron las sugerencias de la norma ACI 237R-07 y las especificaciones de la EFNARC. En la elaboración de la mezcla se utilizaron agregados de canteras locales y aditivos de última tecnología. Asimismo, se llevaron a cabo tandas de pruebas hechas en laboratorio hasta conseguirse los materiales adecuados. Además, se ejecutaron ensayos de propiedades físicas y mecánicas para medir las características del CAC. Y por último, se estableció el presupuesto base del diseño de mezcla trabajado.

Entre las conclusiones, se determinó que el CAC logra resistencias a la compresión más altas a temprana edad que el concreto convencional, y que la rentabilidad del diseño de concreto autocompactante desarrollado de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ tuvo un costo mayor en porcentaje de 20%, a comparación de un diseño de concreto convencional.

Los antecedentes antes descritos, tienen relación y apoyan la presente investigación, pues están conectados con el problema, la metodología y los objetivos planteados. Todos aportan información importante con respecto a los criterios para elección de la resistencia del concreto en edificaciones.

BASES TEÓRICAS

De acuerdo con Arias (2006): “es el producto de la revisión documental-bibliográfica, y consiste en una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación por realizar.” (p.106). Considerando lo anteriormente expuesto, las bases que amparan esta investigación, hacen referencia a la contribución de las teorías principales especificadas a continuación:

Criterios

La página web Significados (2023) afirma que: “se refiere a la capacidad de una persona para emitir un juicio, adoptar una opinión o tomar una resolución sobre alguna cuestión.” (p.01).

Por otra parte Likierman (2020) plante que: “es la capacidad de combinar cualidades personales con conocimientos y experiencias relevantes para formar opiniones y tomar decisiones.” (p.01).

Basado en las citas anteriores, el criterio es el punto de vista que tiene una persona referente algún tema, cosa, individuo o situación. La combinación de criterios que se generan en un grupo de personas, puede llevar a tomar una decisión con la mejor perspectiva, para conseguir cierto objetivo o satisfacer una necesidad.

Elección

Como expresa Pérez y Gardey (2019): “es el resultado de un proceso mental a través del cual se analizan diferentes alternativas y se opta por una de acuerdo a la conveniencia o a la valoración que se le atribuye.” (p.02). Es decir, elección se refiere a la manera en la que se clasifica o se valora una cantidad de opciones que permiten reconocer y distinguir cual es la mejor selección de todas las opciones antes dichas.

Resistencia

EDU Xunta (2023) describe:

La resistencia es la capacidad que tienen los elementos estructurales de aguantar los esfuerzos a los que están sometidos sin romper. Depende de muchos factores entre los que destacan el material empleado, su geometría y el tipo de unión entre los elementos. (p.01)

Con relación a lo anterior, la resistencia de un elemento es la suficiencia que tiene para soportar esfuerzos y fuerzas a las cuales es sometido aguantándolos sin sufrir rupturas, alcanzar deformaciones permanentes o daños de alguna manera. Influyendo para ello las características del elemento, su forma y conexión entre materiales.

Concreto

Es un material que se logra al mezclar cemento, agregados (gruesos y finos), agua y en oportunidades aditivos. Asimismo FONDONORMA Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1^{ra} revisión (1753-2006) define el concreto como: “mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso, y agua, con o sin aditivos.” (p.06). Es importante acotar que los agregados son partículas de origen natural o artificial, siendo agregados finos aquellos que pasan por el tamiz #4(4.76mm) y quedan retenidos en la malla #200(0.075mm) comúnmente se catalogan como arena gruesa y fina. Mientras que los

agregados gruesos son aquellos que quedan retenidos en el tamiz #4(4.76mm) o mayor, generalmente clasificado como piedra picada y grava. Por otro lado se conoce como aditivos al material que se le añade al concreto en reducidas dosis antes o durante la mezcla con el fin de variar ciertas propiedades, entre los cuales existen acelerantes y retardantes de fraguado, plastificantes que ayudan a reducir la cantidad de agua y en ocasiones la combinación de ambos.

Pérez y Merino (2021) describen que:

El concreto es un material muy frecuente en la construcción ya que tiene la capacidad de resistir grandes esfuerzos de compresión. Sin embargo, no se desempeña bien ante otros tipos de esfuerzos, como la flexión o la tracción. Por lo tanto, el concreto suele utilizarse en conjunto con el acero, en un compuesto que recibe el nombre de hormigón armado. (p.01).

Considerando lo citado, el concreto simple resiste fuerzas a compresión lo que le concede ser un material regularmente empleado para la construcción de estructuras. Sin embargo, presenta como inconveniente la pequeña resistencia que tiene a la tracción, llevando a sustituir esta carencia con aceros de refuerzos que reciben las tensiones de tracción generando de esta forma lo que se denota como concreto armado.

Resistencia del concreto a la compresión

El concreto es un material al cual se le aplica carga axial, siendo resistencia a compresión la máxima resistencia que un espécimen cilíndrico de concreto pueda soportar ante la carga antes mencionada.

Desde el punto de vista de Cemex (2019):

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi). (p.03).

El concreto requiere la determinación de la resistencia a la compresión a través de ensayos en los que el espécimen cilíndrico tiene una medida estándar de 15cm de diámetro y 30cm de altura, esto generalmente se realiza a los 28 días de vaciado el concreto, sin embargo se pueden emplear otras edades para llevar a cabo la prueba, siendo importante conocer la relación entre la resistencia en esas otras edades y la resistencia a los 28 días. Para ello Cáder y Oliva (2012) señalan:

La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 75% de la resistencia a los 28 días y las resistencias a los 56 y 90 días son aproximadamente 10% y 15% mayores que la resistencia a los 28 días. (p.69).

La importancia de utilizar concreto para ejecutar distintas estructuras se fundamenta en la capacidad que tiene de resistir esfuerzos a compresión, ya que es la principal característica del concreto, situándolo como el material más usado en construcciones, logrando además optimizar proyectos en cuanto a costos y calidad.

La representación $f'c$ se indica para la resistencia a compresión específica o real, mientras que $f'cr$ es la resistencia a compresión requerida o promedio. En proyectos de construcción para asegurar el índice de calidad se debe de cumplir $f'cr > f'c$ consiguiendo por medio de esta condición una forma de comprobar que los resultados obedezcan los requerimientos de la edificación.

La resistencia a compresión del concreto se alcanza en función de la relación agua-cemento. Ante esto Fratelli en su libro Diseño Estructural en Concreto Armado (pag.10) establece el siguiente cuadro:

RELACION AGUA/CEMENTO MAXIMA PERMISIBLE PARA CONCRETO SIN INCORPORADOR DE AIRE		
f'_c (Kg/cm ²)	Relación absoluta por peso	Litros por saco de cemento de 42,5 Kg.
150	0,73	31,1
200	0,60	25,5
250	0,50	21,3
300	0,40	17,0

Cuadro N°1: Relación Agua/Cemento máxima permisible para concreto sin incorporador de aire.

Fuente: Maria Fratelli (s.f)

Como se puede observar en el Cuadro N°1, acorde crece la relación agua-cemento disminuye la resistencia a la compresión y viceversa. Es decir a medida que se aumenta la cantidad de cemento crece la resistencia y mientras aumenta el contenido de agua disminuye la resistencia. Es fundamental que la relación agua-cemento elegida cumpla la resistencia solicitada en la edificación.

Módulo de elasticidad del concreto

Es un parámetro valioso para realizar el análisis estructural, ya que por medio de él se logra comprender la relación del esfuerzo y la deformación del elemento estudiado, un adecuado valor del módulo de elasticidad del concreto posibilita diseñar los elementos del sistema estructural que mejor cumpla con la finalidad para el cual fueron proyectados. Según Garcia (2005): “El módulo de elasticidad es la medida de rigidez de un material, entendiéndose por rigidez, la resistencia a deformarse.” (p.61).

Por otro lado, FONDONORMA Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1^{ra} revisión (1753-2006) establece:

El módulo de elasticidad para el concreto, E_c , en kgf/cm^2 , puede tomarse igual a: $0,14w_c^{1.5}\sqrt{f'_c}$ para valores de w_c entre 1440 y 2500 kgf/m^3 . Para concretos de peso normal, puede considerarse $E_c = 15.100\sqrt{f'_c}$. (p.48).

De acuerdo con la Norma, se puede observar la influencia directa que tiene la resistencia del concreto (f'_c) en el módulo de elasticidad (E_c), ya que al evaluar la fórmula planteada se puede notar que al aumentar la resistencia a compresión del concreto, crece automáticamente el módulo de elasticidad de tal material. Razón por la cual se debe considerar este aspecto al momento de requerir mayor o menor módulo de elasticidad en los elementos estructurales, adaptando como solución incrementar o disminuir el valor de f'_c conforme lo amerite el proyecto. Asimismo Muñoz (2020) presenta por medio de diagrama esfuerzos-deformación la relación existente entre f'_c y E_c , tal como se ve a continuación:

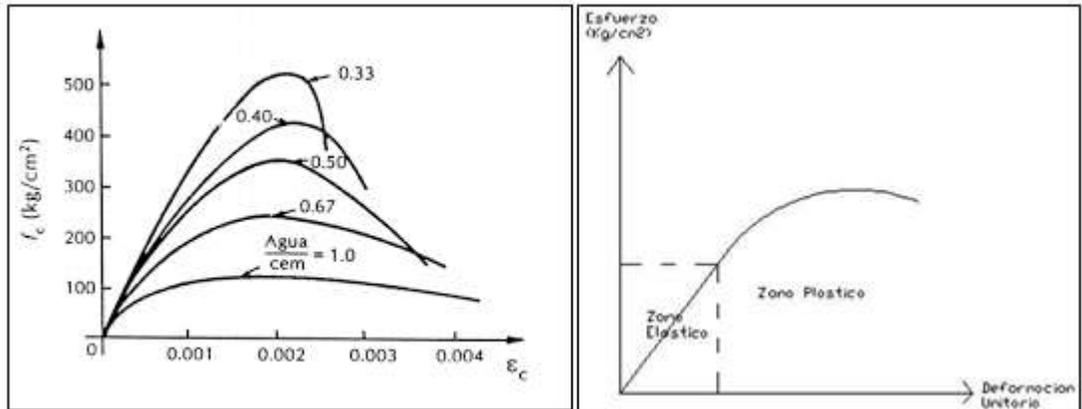


Figura N°1: Diagrama esfuerzo-deformación para diferentes calidades de concreto.

Fuente: Muñoz (2020)

En la figura anterior, se aprecia la relación esfuerzo-deformación. Donde se puede observar que el módulo de elasticidad está representado por la zona elástica que se aplica precisamente en la línea recta, a medida que

aumenta la resistencia del concreto dicha línea crece, incrementando con ella el módulo de elasticidad y disminuyendo la deformación. Ratificando así gráficamente lo antes expresado en la fórmula.

Rigidez de las estructuras

Claros (2022) la define como: “la propiedad que tiene un elemento estructural para oponerse a las deformaciones o, dicho de otra manera, la capacidad de soportar cargas sin deformarse o desplazarse excesivamente.”(p.01). Por consiguiente, es la capacidad que poseen los elementos para contrarrestar las deformaciones generadas por motivo de una fuerza o un esfuerzo, es decir, resistir las cargas sin sufrir grandes deformaciones.

Simultáneamente Claros (2022) también argumenta que: “La rigidez de una estructura se puede incrementar: aumentando la sección del elemento estructural, disminuyendo la longitud del elemento o añadiendo materiales con mayor módulo de elasticidad.” (p.01). En relación con esta cita, se deduce que al ampliar la sección transversal de un elemento o al disminuir su longitud se obtendrá mayor rigidez. Ante ello, las investigadoras plantean la siguiente figura como ejemplo:

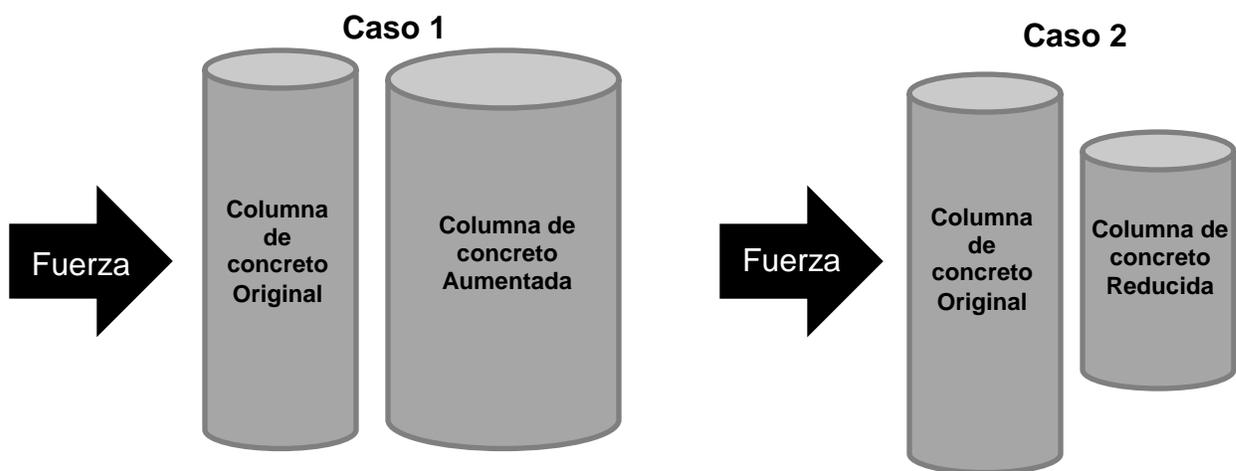


Figura N°2: Aumento de la sección transversal (caso 1) y disminución de la longitud (caso 2) de una columna de concreto.

Fuente: Dariana Nieto y María Alarcón (2023)

Como se puede ver en el caso 1: se aumentó la sección de una columna de concreto, proporcionándole así más rigidez ya que mientras más gruesa sea la sección más fuerza será requerida para ocasionar deformación. De igual forma en el caso 2: se disminuyó la longitud de la columna de concreto incrementado su rigidez ya que mientras más corto sea el elemento se vuelve más resistente a la acción de fuerzas, por lo cual se necesita una fuerza mayor para causar deformaciones.

La tercera forma de aumentar la rigidez de un elemento, como el caso del estudiado, es agregando o utilizando un material de mayor módulo de elasticidad. Para ello también será necesario aumentar la resistencia a la compresión del concreto f'_c que como se apreció en el punto “Módulo de elasticidad del concreto” están completamente relacionadas, quedando así el valor del módulo de elasticidad dependiente de f'_c .

Exposición del concreto a condiciones especiales

En ocasiones que el concreto este expuesto a condiciones especiales, entendiéndose por estas la estanqueidad y exposición a sulfatos, se debe obedecer algunos requerimientos que se establecen en las normas. FONDONORMA Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1^{ra} revisión (1753-2006) plantea para el concreto expuesto a estanqueidad:

El concreto destinado a ser estanco deberá cumplir con los requerimientos de la Tabla 4.3.1. Cuando el concreto estructural esté en contacto o rociado por aguas salobres o aguas de mar, se deberán satisfacer: (i) los requisitos que se establecen en la Tabla 4.3.1 para la relación agua/cemento o la resistencia del concreto, según se trate de agregado de peso normal o liviano, respectivamente y; (ii) los de la Sección 7.2.4 referentes a recubrimiento mínimo. (p.26).

TABLA 4.3.1 REQUISITOS PARA CONDICIONES DE ESTANQUEIDAD

CONDICIONES DE EXPOSICIÓN	CONCRETO CON AGREGADO DE PESO NORMAL O AGREGADO LIVIANO	
	Máxima relación agua/cemento por peso	Mínima resistencia del concreto a compresión f'_c , kgf/cm ²
Concreto destinado a ser estanco:		
a. Concreto expuesto a agua dulce.	0,50	260
b. Concreto expuesto a agua salobre o de mar.	0,45	300
Para protección contra la corrosión de concreto reforzado en contacto o rociado por aguas salobres o aguas de mar.	0,40 ⁽¹⁾	350 ⁽¹⁾
⁽¹⁾ Cuando el recubrimiento mínimo requerido por la Sección 7.2.4 se incrementa en 1 cm, la relación agua / cemento puede aumentarse a 0,45 para el concreto de agregado de peso normal, o reducir f'_c a 300 kgf/cm ² para los concretos con agregado liviano. Esto último es lo recomendable en zonas sísmicas (véase la Sección 5.2.1).		

Cuadro N°2: Requisitos para condiciones de estanqueidad.

Fuente: FONDONORMA Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1^{ra} revisión (1753-2006).

Según lo expuesto en el cuadro N°2, los concretos que estén en contacto con agua dulce tendrán una máxima relación A/C de 0,50 y una mínima resistencia del concreto a compresión de $f'_c=260\text{kg/cm}^2$. Mientras que los que se encuentren en contacto con agua de mar deben contener una máxima relación A/C de 0,45 y la mínima resistencia a compresión establecida para estos casos será de $f'_c=300\text{kg/cm}^2$. Por otro lado, cuando la situación se trate de concreto reforzado se empleara una máxima relación A/C de 0,40 tanto para aguas dulces como aguas salobre, con resistencia mínima de $f'_c=350\text{kg/cm}^2$. Es importante recordar que estos requisitos se deben aplicar en construcciones y proyectos donde el concreto se encuentre en condiciones de estanqueidad, es decir, recipientes y tanques de concreto como es el caso de plantas de tratamiento, piscinas, compartimientos de obras hidráulicas, entre otros.

De igual manera FONDONORMA Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1^{ra} revisión (1753-2006) también plantea para el concreto expuesto a sulfatos ciertos requerimientos:

Cuando el concreto esté expuesto a soluciones que contienen sulfatos, debe cumplir con los requerimientos de la Tabla 4.3.2. El cloruro de calcio no debe usarse como aditivo en concretos expuestos a soluciones con concentraciones de sulfato, severas a muy severas, tal como se establece en la Tabla 4.3.2. (p.26).

TABLA 4.3.2 REQUERIMIENTOS PARA CONCRETOS EXPUESTOS A SOLUCIONES QUE CONTIENEN SULFATOS

EXPOSICIÓN A SULFATOS	CONCENTRACIÓN DE SULFATO COMO SO ₄		TIPO DE CEMENTO ⁽¹⁾	CONCRETO CON AGREGADO DE PESO NORMAL	CONCRETO CON AGREGADO LIVIANO
	En suelos, % en peso	En solución, partes por millón (ppm)		Valor máximo de la relación agua /cemento por peso ⁽⁴⁾	Mínima resistencia a la compresión, f' _c (kgf/cm ²) ⁽⁴⁾
Despreciable	0,00-0,10	0-150	--	--	--
Moderada ⁽²⁾	0,10-0,20	150-1500	II,IP (Ms) IS (Ms)	0,50	260
Severa	0,20-2,00	1500-10000	V	0,45	300
Muy severa	Mas de 2,0	Mas de 10000	V con puzolana ⁽³⁾	0,45	300

1) IP = Tipo I Portland; IS = Tipo I Portland-Escoria; II = Tipo II; V = Tipo V. La designación M_s se emplea en cementos ASTM C 595 cuando se trata de exposiciones moderadas a los sulfatos.

2) Agua de mar.

3) Previamente debe comprobarse, que con este tipo de cemento la puzolana mejora la resistencia a sulfatos por medio de ensayos o por comportamiento satisfactorio en servicio.

4) Para estanqueidad o protección contra la corrosión puede requerirse una relación agua/cemento menor o una resistencia mayor; véase la Tabla 4.3.1.

Cuando además de esta Sección deba satisfacerse la Sección 4.3.1, se empleará el menor valor de la relación agua/cemento y el mayor valor de la resistencia mínima.

Cuadro N°3: Requerimientos para concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos.

Fuente: FONDONORMA Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1^{ra} revisión (1753-2006).

Cuando el concreto tenga exposición a sulfatos moderada se podrá utilizar una máxima relación A/C de 0,50 con resistencia mínima de f'_c=260kg/cm². En exposición severa y muy severa a sulfatos la relación A/C será de máximo 0,45 con mínima resistencia f'_c=300kg/cm².

Resistencia requerida y resistencia de diseño

Para Fratelli (s.f):

La resistencia exigida para el diseño de los miembros de concreto armado debe responder a las pautas correspondientes al método de rotura. Esta Norma (Ref. 1) requieren que la resistencia sea adecuada para que los miembros soporten las cargas mejoradas en las combinaciones estipuladas, y se asegure un comportamiento adecuado en régimen de servicio. La resistencia debe ser en todos los casos igual o menor a la de diseño. “U” representa la resistencia requerida a momento flector “ M_U ”, a carga axial “ P_U ”, a la fuerza cortante V o a cualquier otra carga. (p.14).

Con base en lo anterior, los proyectos se deben diseñar para poseer en cualquiera de sus elementos una resistencia de diseño igual o mayor que la resistencia requerida por la estructura debido a las solicitaciones que se calculan combinando cargas mayoradas establecidas en las normas. Lo que se resume en: Resistencia de Diseño \geq Resistencia Requerida (U). En caso de que los elementos que se pre-diseñan no cumplan con la condición antes descrita, es decir que no sean capaz de resistir las cargas, se deberá optar por aumentar las medidas de la sección del miembro, si se llega a obtener una sección con dimensiones absurdas o poco favorables y aun así todavía no cumple con las condiciones exigidas por la edificación, se tomara como opción incrementar la resistencia del concreto (f'_c) del elemento, tal como se expone en el punto “Rigidez de las estructuras”.

Resistencia a corte

Desde la posición de Garcia (2005): “La resistencia al corte es la predisposición de las partículas de un material a correrse al pasar una sobre otra. La resistencia del concreto al corte varía de un 35% a un 80% de la resistencia a la compresión.” (p.60). El esfuerzo cortante evoluciona en diferentes posiciones de las estructuras de concreto. Generalmente los esfuerzos de tensión diagonal son los que más importa al momento de

realizar los cálculos de viga, estos comúnmente acompañan a los esfuerzos cortantes, ya que regularmente las fallas por cortante se ocasionan por la tensión diagonal presente en el elemento. Las consecuencias de la fuerza cortante se estudian en elementos sometidos conjuntamente a momento flexionante.

Fratelli (s.f) dice que:

Cuando un miembro estructural soporta momentos flectores variables a lo largo de su eje longitudinal, sus diferentes secciones sufren deslizamientos relativos. Para resistir estos deslizamientos se crean esfuerzos tangenciales de corte que transforman el estado monoaxial de esfuerzos en flexión por un estado biaxial o plano. El efecto más importante en un miembro de concreto armado sometido a esfuerzos cortantes es la presencia de esfuerzos inclinados de tracción, con respecto al eje longitudinal del elemento, lo cuales pueden producir la falla prematura, con una carga inferior a la que origina la falla por flexión. Ver figura 2.9. (p.31).



Figura 2.9.- Fisuración por flexión y corte

Figura N°3: Fisuración por flexión y corte.

Fuente: María Fratelli (s.f)

Como se puede observar en la figura presentada por María Fratelli, las fisuras verticales son las generadas por tracción a causa de flexión, por otra parte la consecuencia primordial ejercida por la fuerza cortante en un elemento de concreto, es el aumento de grietas diagonales (esfuerzos a tensión inclinados), proporcionadas perpendicularmente a la dirección del miembro. Para evadir el crecimiento de estas grietas o fisuras, es preciso reforzar las vigas de concreto con acero de refuerzo longitudinal para el caso de grietas verticales y acero de refuerzo transversal para las fisuras

inclinadas. De esta forma los esfuerzos de corte serán soportados parcialmente por el acero transversal y el concreto.

Asimismo Fratelli (s.f) también plantea que: “En miembros sometidos únicamente a flexión y corte, la resistencia nominal a corte del concreto es: $V_c = 0,53 \sqrt{f'_c} b_w d$.” (p.31). Donde se puede ver que la resistencia nominal a corte va a depender directamente de los valores de la resistencia a compresión del concreto (f'_c), el ancho del alma (b_w) y el canto del elemento de concreto (d). Si por alguna situación, circunstancia o característica de la estructura se requiere una resistencia nominal a corte mayor, se tomara como criterio aumentar la resistencia del concreto (f'_c) para de esta manera alcanzar la resistencia a corte solicitada por el proyecto, esto con el objetivo de concederle a la estructura una seguridad comprensible ante las diferentes fallas y simultáneamente conservar la fisuración dentro de los límites aceptables.

Vigas-Pared

Vigas de gran canto como también son llamadas las vigas-pared, son vigas rectas comúnmente de sección regular. Para FONDONORMA Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1^{ra} revisión (1753-2006) son:

Vigas cuya luz libre entre apoyos L_n sea menor que 4 veces su altura total, h , o en aquellas regiones de vigas apoyadas con cargas concentradas comprendidas en una longitud igual al doble de la altura total medida desde la cara cargada del apoyo, de manera que pueda desarrollarse el puntal de compresión entre las cargas y los apoyos. (p.77).

La relación L_n/h donde (L_n) es la luz, y (h) el canto total, para vigas simplemente apoyadas es de 2, mientras que en vigas continuas el valor es de 2,5. Tal como lo presenta Fratelli en la figura 4.6 de su libro diseño estructural en concreto armado:

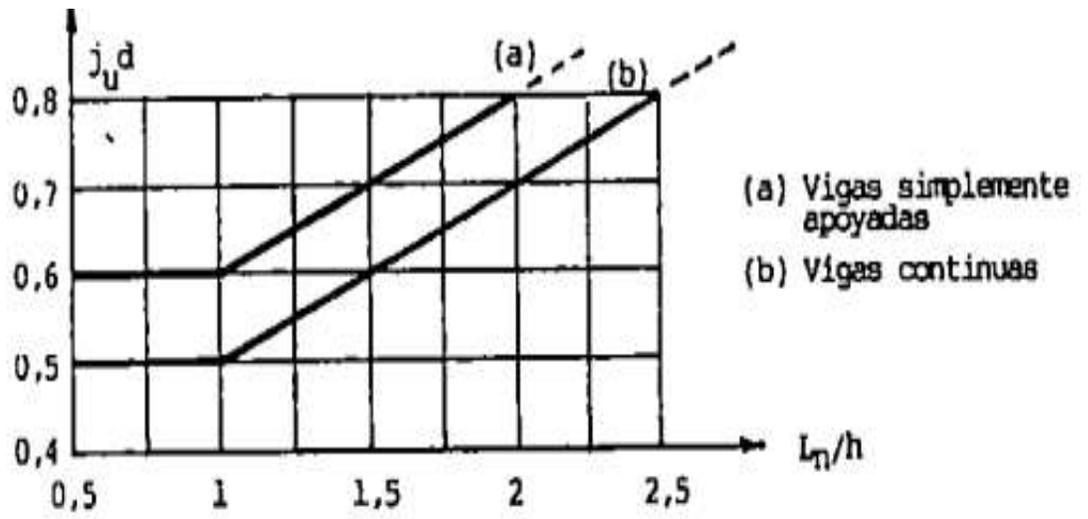


Figura 4.6.- Brazo del par interno $j_u d$ en vigas de gran altura

Figura N°4: Brazo de par interno J_{ud} en vigas de gran altura.
Fuente: Maria Fratelli (s.f)

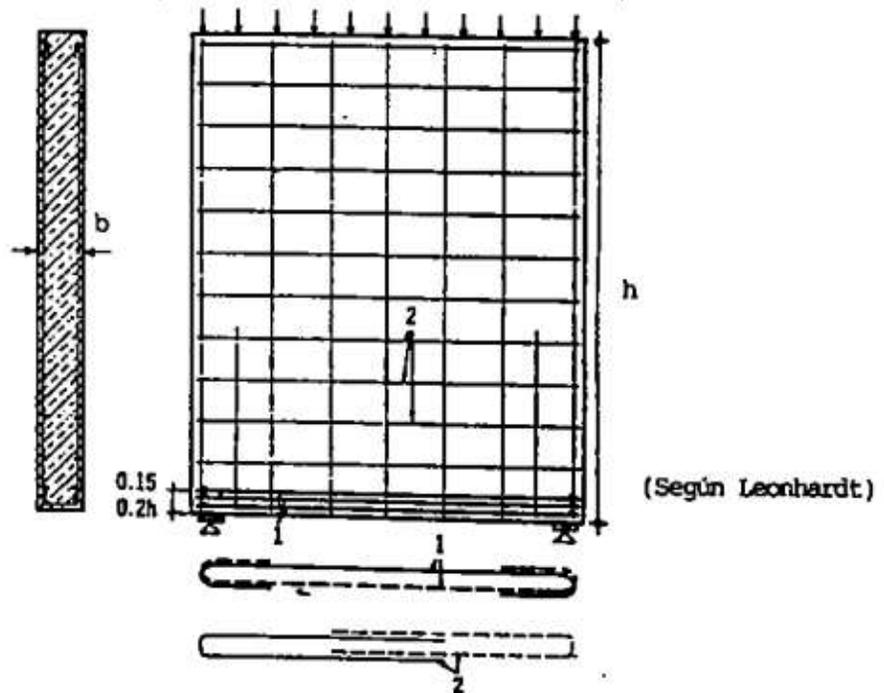


Figura 4.7.-

Figura N°5: Viga-Pared.
Fuente: Maria Fratelli (s.f)

Fratelli (s.f) también hace notar que en la resistencia a flexión de las vigas-pared:

Para evitar que se produzca el aplastamiento del concreto, se debe verificar que el máximo esfuerzo de compresión en los apoyos no supera el $0,5 f'c$. En general, para que se cumpla esta condición, es conveniente que el valor de la carga uniformemente distribuida sobre el borde superior de la viga no supere el siguiente límite: $q_u = 0,8 \phi b_w h f'c / L_n$. para $\phi = 0,85$ de modo de disminuir los esfuerzos diagonales de compresión. En el caso en que estos esfuerzos sean superados, es conveniente colocar vigas transversales de similares dimensiones o nervios intermedios, que actúan como rigidizadores y aseguran la resistencia y estabilidad de las vigas. Cuando estos esfuerzos se colocan sobre los apoyos, se calculan como columna axialmente cargadas que incrementan la resistencia al aplastamiento del miembro de gran altura. (p.77).

Teniendo en consideración lo dicho previamente, en los apoyos de las vigas-pared no pueden haber esfuerzos de compresión más grandes que el valor $0,5 f'c$. En situaciones donde esto no se cumpla se deberá reforzar con acero, pero en proyectos donde se requiera la optimización de recursos financieros se podrá adoptar como solución aumentar la resistencia a la compresión del concreto ($f'c$), ya que al tomar este criterio en el diseño de vigas-pared hasta cierto punto se puede obtener beneficios de ahorro de costos por lo que se evita realizar otro tipo de estructura adicional a la que ya existe, como lo señala fratelli en la cita anterior. Dicho en otras palabras, si se modifica la resistencia del concreto ($f'c$) que se va a emplear en la construcción de las vigas de gran canto se logra mayor esfuerzo de compresión en los apoyos permitiendo así que el elemento soporte mayor carga evitando primeramente que se produzca aplastamiento del concreto y posteriormente se evita el armar estructuras apartes economizando el proyecto.

Por otro lado Fratelli (s.f) expresa que en la resistencia a corte de las vigas-pared:

El diseño de las vigas-pared para resistir el corte se basa en las ecuaciones $V_u \leq \phi V_n$ y $V_n = V_c + V_s$. Se debe cumplir $V_n \leq 2,1 \sqrt{f'c} bw d$ para $\frac{L_n}{d} < 2$ y $V_n = 0,18 (10 + \frac{L_n}{d}) \sqrt{f'c} bw d$ para $2 \leq \frac{L_n}{d} < 5$. (p.79).

Se puede notar que esta condición es dependiente en parte de la resistencia a la compresión del concreto ($f'c$), donde nuevamente tal como se explica en los puntos anteriores se podrá adaptar dicha resistencia para complacer las especificaciones del proyecto, ya sea aumentando o disminuyendo $f'c$ para obtener mayor o menor resistencia a corte en las vigas-pared.

Compresión simple en el diseño de columnas

Los elementos del sistema estructural cargados a compresión simple son los que resisten las cargas axiales de compresión empleada en el centro de la sección transversal de tal elemento. Es importante decir, que estas cargas no siempre se encuentran exactamente en el centro, por lo que la norma establece que es oportuno considerar que pueda existir un 10% de variación desde el baricentro del elemento estudiado.

Para Fratelli (s.f):

El agotamiento resistente de un elemento de concreto sometido a compresión simple, para el cual su esbeltez no afecta la capacidad portante, se alcanza con las siguientes cargas mayoradas: En miembros sin armar: $P_u = \phi A_g 0,85 f'c$ para $\phi = 0,65$. En columnas ligadas y zunchadas: $p_u = \phi (A_c 0,85 f'c + A_s f_y)$ para $\phi = 0,7$ en columnas ligadas y $\phi = 0,75$ en zunchadas. (p.83).

Tomando en cuenta lo que se enfatiza anteriormente, en casos donde se requiera aumentar la capacidad de agotamiento resistente se puede primeramente tomar como opción incrementar el área gruesa de la sección

transversal del elemento que se identifica como Ag, o en su defecto, aumentar la resistencia a compresión del concreto (f_c).

BASES LEGALES

Abarca todas las referencias legales que soportan el tema o problema de investigación. Desde la perspectiva de Vargas (2008): “Comprenden el conjunto de documentos de naturaleza legal que sirven de testimonio referencial y de soporte a la investigación que se realiza.” (p.03). Para ello, se consultan: el Reglamento del American Concrete Institute; La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela; la Norma COVENIN “Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño”; FONDONORMA “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1^{ra} revisión”, entre otros dispositivos apropiados.

Reglamento del American Concrete Institute “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318)”:

Capítulo 4 Requisitos para Sistemas Estructurales:

R4.6 Resistencia: ...el profesional facultado para diseñar debe ser consciente que al proveer mayor resistencia que la requerida no necesariamente se obtiene una estructura más segura porque al hacerlo puede cambiar el modo potencial de falla. Por ejemplo, al aumentar el área de refuerzo longitudinal más allá del requerido para la resistencia de momento, como se deriva del análisis, sin aumentar el refuerzo transversal se podría incrementar la probabilidad de que ocurra una falla por cortante antes de una falla por flexión. (p.57)

R4.8 Durabilidad: El ambiente donde se ubica la estructura determina la categoría de exposición para la selección de los materiales, detalles de diseño y requisitos de construcción para minimizar el deterioro potencial prematuro de la estructura, causado por efectos ambientales... (p.57)

R4.9 Sostenibilidad: Las disposiciones del Reglamento para resistencia, funcionamiento y durabilidad constituyen requisitos mínimos para obtener una estructura de concreto segura y durable. Este Reglamento permite al propietario o al profesional facultado para diseñar especificar requisitos mayores que los mínimos establecidos por este Reglamento. Estos requisitos opcionales pueden incluir mayores resistencias, límites de deflexión más estrictos, mayor durabilidad y disposiciones de sostenibilidad. (p.58)

En función de lo expuesto anteriormente del capítulo 4 del ACI 318, se infiere que todos los profesionales de la Ingeniería Civil al momento de diseñar deben ser responsables al suministrar mayor resistencia que la solicitada ya que no precisamente se logra una estructura más segura, porque inclusive este sobre-diseño puede llegar a variar la forma de falla. Por otro lado, se corrobora la influencia que tiene el ambiente donde se localiza la edificación sobre la elección de los materiales a emplear, en especial el concreto, esto en busca de disminuir el deterioro provocado por los efectos ambientales. Por tanto se concluye que este capítulo provee los requisitos mínimos para alcanzar una estructura de concreto segura y durable permitiendo al profesional diseñar edificaciones resistentes, de mayor durabilidad y sostenibilidad.

Capítulo 14 Concreto Simple:

R14.4.1.1 Resistencia requerida: Los miembros de concreto simple deben diseñarse para que tengan una resistencia adecuada ante cargas y fuerzas mayoradas. Cuando las resistencias de diseño se exceden, debe incrementarse la sección o aumentarse la resistencia especificada del concreto, o ambas, o el miembro debe diseñarse como miembro de concreto reforzado de acuerdo con los requisitos de este Reglamento... (p.210)

Conforme a lo expuesto en el capítulo 14 del ACI 318, las estructuras de concreto deberá tener una resistencia adecuada, para lograr esto se podrá incrementar la sección transversal del elemento estructural o aumentar la resistencia del concreto. En caso de ser necesarios se podrá aplicar ambas.

Capítulo 19 Concreto: Requisitos de Diseño y Durabilidad:

R19.2.1 Resistencia especificada a la compresión: Los requisitos para mezclas de concreto se basan en la filosofía de que el concreto de proveer resistencia y durabilidad adecuadas. El Reglamento define un valor mínimo de f'_c para concreto estructural. No hay límite para el valor máximo de f'_c , excepto que así lo requiera un requisito específico del Reglamento. (p.333)

R19.2.4 Concreto liviano: ...en los casos típicos, el diseñador ignora la dosificación de la combinación de agregados necesarios para lograr la resistencia de diseño y la densidad requerida para un proyecto... (p.334)

A través del capítulo 19 del ACI 318, se explica que existe un valor mínimo de la resistencia a la compresión del concreto pero no está estipulado un valor máximo, también se expresa que existen casos típicos donde el profesional desconoce u obvia las combinaciones necesarias de los componentes del concreto para conseguir la resistencia adecuada para cada proyecto.

Constitución De La República Bolivariana De Venezuela (1999)

Artículo 82:

Toda persona tiene derecho a una vivienda adecuada, segura, cómoda, higiénicas, con servicios básicos esenciales que incluyan un hábitat que humanice las relaciones familiares, vecinales y comunitarias. La satisfacción progresiva de este derecho es obligación compartida entre los ciudadanos y ciudadanas y el Estado en todos sus ámbitos... (p.16)

Según lo establecido en el artículo anterior de la constitución, todas las personas tiene el derecho de una vivienda segura, lo que le da a los profesionales de la construcción la responsabilidad de ejecutar obras que garanticen la seguridad pública amparándose por lo establecido en las normas americana y venezolanas referente a la construcción.

Norma COVENIN “Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño” (1753-87):

Capítulo 8 Análisis y Diseño-Consideraciones Generales:

8.1 Métodos de Diseño: Los miembros de las estructuras de concreto armado serán diseñados para tener la resistencia adecuada, de acuerdo a las disposiciones de estas Normas utilizando los factores de mayoración de cargas y los factores de reducción de capacidad ϕ que se especifica en el Capítulo 9. (p.48)

8.2 Acciones: Las disposiciones de estas Normas se basan en el supuesto de que las estructuras se diseñaran para resistir todas las acciones a que pueden estar sometidas durante su vida útil. (p.48)

En relación a lo plasmado anteriormente, los componentes del sistema estructural deberán ser diseñados para resistir adecuadamente todas las cargas que pueden actuar a lo largo de su vida útil, empleando para tal diseño factores de mayoración y minoración que se establecen en esta norma.

Capítulo 9 Requisitos para la Resistencia y las Condiciones de Servicio:

9.1 Generalidades: Las estructuras y los elementos estructurales se diseñaran para tener en todas las secciones una resistencia de diseño mayor o igual a la resistencia requerida, la cual se calculará para las cargas y las fuerzas mayoradas, en las combinaciones que se estipulan en estas Normas. (p.58)

Con respecto a lo mencionado previamente, se estipula que todos los elementos del sistema estructural tendrán como condición de diseño que la resistencia diseñada siempre deberá ser igual o mayor a la resistencia requerida por la estructura. Esto en función de asegurar que la edificación cumpla con el soporte de las acciones y así garantizar el bienestar de las personas y seres vivos que harán uso de la construcción.

FONDONORMA “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1^{ra} revisión” (1753-2006):

Capítulo 4 Requisitos de Durabilidad del Concreto:

4.2 Relación Agua/Cemento: Para alcanzar una durabilidad adecuada, los concretos deberán satisfacer las relaciones agua/cemento en peso que se dan en las Tablas 4.3.1 y 4.3.2. Los cementos deben satisfacer las normas citadas en el Artículo 3.2. (p.26)

4.3 Exposición a Condiciones Especiales: El concreto destinado a ser estanco deberá cumplir con los requerimientos de la Tabla 4.3.1. Cuando el concreto estructural esté en contacto o rociado por aguas salobres o aguas de mar, se deberán satisfacer: (i) los requisitos que se establecen en la Tabla 4.3.1 para la relación agua/cemento o la resistencia del concreto, según se trate de agregado de peso normal o liviano, respectivamente y; (ii) los de la Sección 7.2.4 referentes a recubrimiento mínimo. (p.26)

Teniendo en cuenta lo expresado, se precisa que para obtener la resistencia deseada los concretos deberán cumplir las relaciones agua-cemento expuestas en las tablas que conforman esta norma. Por otra parte esta disposición también establece resistencias del concreto especiales de acuerdo a la exposición que tenga la edificación, es decir si se encuentra en contacto con agua de mar o agua dulce. Esto último será ampliado en el desarrollo del presente trabajo, usando como referencia legal todas las especificaciones impuesta en esta norma venezolana.

Capítulo 9 Requisitos para los Estados Límites:

9.2 Método de los Estados Límites: Los miembros deberán satisfacer todos los requisitos de esta Norma para asegurar el comportamiento adecuado en los Estados Límites de Servicio y de Agotamiento Resistente. Las estructuras, sus miembros y uniones se diseñarán para tener en todas las secciones una resistencia de diseño mayor o igual a las solicitaciones calculadas para las combinaciones que se estipulan en esta Norma. La resistencia de diseño de un miembro, la de sus secciones y uniones a otros miembros, será tomada como la resistencia teórica calculada de acuerdo con los requisitos e hipótesis de esta Norma, multiplicada por un factor de minoración de resistencia ϕ . (p.52)

De acuerdo a lo señalado en el capítulo 9, se ratifica que para que los miembros del sistema estructural puedan afianzar el comportamiento correcto ante los estados límites de servicio y de agotamiento resistente es de estricto cumplimiento los requisitos ordenados por esta norma.

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

Este punto corresponde a uno de los aspectos importantes en el proceso de investigación, pues aquí se expone el camino a transitar metodológicamente para resolver la problemática a resolver. Significa detallar, desde la naturaleza hasta el diseño, los procedimientos y el análisis de los datos.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el caso que corresponde, la estrategia a utilizar para poder responder a la problemática planteada es el diseño bibliográfico. Según los autores Palella y Martins (2010), define:

El diseño bibliográfico, se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda del material documental de cualquier clase. Se procura el análisis de los fenómenos o el establecimiento de la relación entre dos o más variables. Cuando opta por este tipo de estudio, el investigador utiliza documentos, los recolecta, selecciona, analiza y presenta resultados coherentes. (p.87).

El presente estudio, tiene como fuente principal de información los documentos relativos a los criterios propuestos en las normas CONVENIN y las propuestas por el instituto americano del concreto, pues sustentan esta investigación, ya que allí se encuentran de manera detallada los criterios para la elección de la resistencia del concreto en edificaciones, y en esta investigación se analizaron como hechos en sí mismos o, como documentos que brindan información sobre los hechos.

Para Hernández, Fernández y Baptista (2003) la investigación bibliográfica consiste en: “la pesquisa realizada en los libros, para obtener y aprehender sistemáticamente los conocimientos en ellos contenidos, es una cuidadosa y ordenada descripción del conocimiento publicado impreso, seguido de interpretación.” (p.08).

TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

En cuanto al tipo de investigación, la presente se enmarca en una investigación documental, sobre este particular los autores Palella y Martins (2010), define: “La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documentos-escritos u orales.” (p. 90).

En concordancia con lo anteriormente descrito Arias (1997) señala que: “es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos.” (p. 47). Ramírez dice:

Se está en presencia de una investigación documental cuando la fuente principal de información está integrada por documentos que representan la población y cuando el interés del investigador es analizarlos como hechos en sí mismo o como documentos que brindan información sobre otros hechos. (p. 66).

POBLACIÓN Y MUESTRA

Para Bodington (2011): “la población serán los elementos de análisis de similares características que se consultaron para obtener los datos relevantes de la investigación en relación a los objetivos.” (p. 148). Establece Tamayo (2003) que: “la población es definida como la totalidad del fenómeno a estudiar en donde las unidades de población poseen una característica común, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación.” (p. 92).

Por lo tanto, para analizar las normas en materia de criterios estructurales

de la resistencia del concreto, se toma como población el Reglamento del American Concrete Institute “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318), Norma COVENIN “Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño” (1753-87), FONDONORMA “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1^{ra} revisión” (1753-06).

Por ser finita y manejable la cantidad de obras referentes a los criterios para elección de la resistencia del concreto en edificaciones, se tomará en su totalidad.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Según Arias (2006): “las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información.” (p.53). Son ejemplos de técnicas, la observación directa, la encuesta y la entrevista, el análisis documental, de contenido, entre otros. En cuanto a los instrumentos, el autor citado anteriormente afirma que: “son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información.” (p. 53).

En un proceso investigativo, es importante, tener en cuenta las técnicas e instrumentos más idóneos, esto con el objetivo de recolectar información necesaria y referida a objeto por el cual se va estudiar. En el caso, que compete a este estudio las técnicas utilizadas por las investigadoras fueron: la observación documental y el fichaje.

Al respecto, la observación documental la define Hurtado (2002) como:

Una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la forma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros, o como textos que en sí mismos constituyen los eventos de estudio. (p. 427).

El proceso consistió en revisar minuciosamente el Reglamento del American Concrete Institute “Requisitos de Reglamento para Concreto

Estructural (ACI 318), Norma COVENIN “Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño” (1753-87), FONDONORMA “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1^{ra} revisión” (1753-06). Además de otros libros expuestos en internet y en la biblioteca de la Universidad, que están íntimamente relacionados al tema de estudio como el libro de Fratelli “Diseño Estructural en Concreto Armado”.

En cuanto al instrumento, Hernández, Fernández y Baptista (2006), señalan que este: “es el recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre la variable que tiene en mente.” (p.12). Para registrar la información obtenida de las diferentes fuentes se utilizó las fichas textuales y de contenido como instrumento de recolección de datos.

Al respecto Palella y Martins (2010) detallan que:

Las fichas textuales, constan de párrafos o trozos seleccionados que aparecen en la obra, de estadísticas, cuadro, entre otros. Con respecto a las fichas de contenido, aparte de los datos comunes de la ficha, incluye resúmenes o síntesis de párrafos, capítulos o hasta de toda la obra. (p.143).

Ambas fichas ayudaron para registrar los datos e informaciones de cada una de las fuentes consultadas, convirtiéndose en una unidad de almacenamiento.

TÉCNICA DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

En esta investigación, se recurrió a la técnica el análisis documental. Para Finol y Nava (1993):

El análisis documental constituye una técnica científica auxiliar de la investigación, de singular importancia ya que permite, mediante una operación intelectual objetiva, la identificación, la descripción objetiva y sistemática de los elementos del contenido, significado y forma del documento y su comparación con otros documentos de similar significado y valor. (p.71).

La puesta en práctica de esta técnica, fue posible describir sistemáticamente todos los criterios para la elección de la resistencia del concreto en edificaciones establecidos en Reglamento del American Concrete Institute “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318), Norma COVENIN “Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño” (1753-87), FONDONORMA “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1^{ra} revisión” (1753-06).

SISTEMA DE VARIABLES

Mapa de Variables

Objetivos específicos	Variables	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Indagar los criterios aplicables al diseño y selección de la resistencia del concreto a través del estudio de las normas y reglamentos vigentes en materia de concreto, para establecer criterio en materia de selección de la resistencia del concreto.	Criterios aplicables al diseño	Son principios o normas que se establecen, de manera estricta, para el diseño de los distintos sistemas estructurales, con el fin de lograr un comportamiento aceptable de las construcciones en condiciones normales de operación.	Económica	Costo Calidad Eficiencia	Observación documental Fichaje	Fichas textuales Fichas de contenido
	Resistencia del concreto	La resistencia es la característica mecánica principal del concreto, que hace posible que este soporte la carga que va a ir encima de él, para brindar seguridad en la obra realizada.	Factores	Mecánicos: Relación agua-cemento y contenido de aire. Agregados, Fraguado, Edad, Curado, Temperatura. Compresión Atracción Contenido: Kg/cm ²	Observación documental Fichaje	Fichas textuales Fichas de contenido

Cuadro N°4: Mapa de variables.

Fuente: Dariana Nieto y María Alarcón (2023).

CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En esta parte del trabajo se procede al análisis de resultados, el cual consiste en explicar los resultados derivados y se comparara estos con datos obtenidos por otros investigadores, significa hacer una valoración crítica de los resultados entrelazando los datos y resultados que se hallaron en la investigación con los datos o información de la base teórica y los antecedentes. Él análisis e interpretación de los resultados según Hurtado (2010): “Son las técnicas de análisis que se ocupan de relacionar, interpretar y buscar significado a la información expresada en códigos verbales e icónicos.” (p.53).

En este espacio se coloca de manifiesto los resultados obtenidos en base a esta investigación, para luego analizarlos. Cabe decir, que para llegar a este punto, se estructuró de la siguiente manera: identificación y consultas de las fuentes bibliográficas, luego, se precisaron los puntos de relación de las diferentes teorías propuestas en los diferentes libros estudiados y por último se propusieron varios enunciados importantes, que luego fueron interpretados y confrontados por las investigadoras, para luego presentar las conclusiones a las cuales llegaron.

A continuación, se describen sistemáticamente en las fichas cada uno de los criterios de la resistencia del concreto en edificaciones. Cabe resaltar que las mismas ayudaron para registrar los datos e informaciones de cada una de las fuentes consultadas, convirtiéndose en una unidad de almacenamiento y registro.

Análisis documental

Tema tratado: Resistencia del concreto a la compresión.

Descripción del contenido de la cita: Resistencia del concreto a la compresión.

Para Cemex:

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión, se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada ($f'c$) para una estructura determinada.

Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de la elaboración de cilindros, se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras, permitiendo programar las operaciones de construcción, tales como remoción de formaletas (cimbras) o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura.

Autor (es): Cemex

Título: ¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en el concreto?

Año: (2019)

Página: 3

Fuente: Cemex

Dirección URL: <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto>

Resumen:

La compresión es el esfuerzo que mejor soporta el concreto. El mismo se puede comprobar a través de un ensayo donde se toma una muestra de la mezcla en moldes cilíndricos, donde se le aplica compresión, a través de una carga axial que provoca un esfuerzo máximo, hasta provocar una posterior ruptura de la probeta. Este ensayo se realiza con el fin de verificar que el concreto que se esté utilizando en obra cumpla con la resistencia que se plantea en el diseño.

Esta resistencia a la compresión en la práctica es mejor conocida como ($f'c$), comúnmente se emplean concretos de $f'c$ entre 150 kg/cm² siendo considerado el concreto pobre y 350 kg/cm² pudiendo alcanzar resistencias mayores como es en el caso del concreto preesforzados, donde tales elementos se someten a esfuerzos bastante altos y variables a lo largo de su funcionamiento.

Cuadro N°5: Análisis documental de la resistencia del concreto a la compresión.

Fuente: Dariana Nieto y María Alarcón (2023).

Análisis documental	
Tema tratado: Módulo de elasticidad del concreto	
<p>Descripción del contenido de la cita: Módulo de la elasticidad del concreto:</p> <p>FONDONORMA Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1^{ra} revisión (1753-2006) establece:</p> <p>El módulo de elasticidad para el concreto, E_c, en kgf/cm^2, puede tomarse igual a: $0,14w_c^{1,5}\sqrt{f_c}$ para valores de w_c entre 1440 y 2500 kgf/m^3. Para concretos de peso normal, puede considerarse $E_c = 15.100\sqrt{f_c}$. (p.48).</p>	<p>Autor (es): FONDONORMA Título: Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural Año:2006 Página:48 Fuente: FONDONORMA Dirección URL: Resumen :</p> <p>El módulo de elasticidad del concreto está determinado por una estrecha relación entre el esfuerzo que experimenta un material, ya que al ejercérselo aumento de la compresión el material subirá automáticamente su propiedad mecánica.</p> <p>Este es un indicador para ejecutar análisis estructurales, convirtiéndose en información importante para tener conocimiento del acortamiento de la carga axial, pues ello ayudaría en los futuros proyectos, debido a que garantiza la calidad de las edificaciones. Significa que es importante realizar los cálculos de la formula presentada.</p>

Cuadro N°6: Análisis documental del módulo de elasticidad del concreto.
Fuente: Dariana Nieto y María Alarcón (2023).

Análisis documental	
Tema tratado: Rigidez de la estructura	
<p>Descripción del contenido de la cita: Rigidez de las estructuras.</p> <p>Claros (2022) la define como:</p> <p>La rigidez de la estructura es la propiedad que tiene un elemento estructural para oponerse a las deformaciones o, dicho de otra manera, la capacidad de soportar cargas sin deformarse o desplazarse excesivamente.</p> <p>También argumenta que la rigidez de una estructura se puede incrementar, aumentando la sección del elemento estructural, disminuyendo la longitud del elemento o añadiendo materiales con mayor módulo de elasticidad.</p>	<p>Autor (es): Claros Título: Rigidez de la estructura y resistencia del concreto. Año: (2022) Página: 01 Fuente: Ingeniarc Dirección URL: https://www.ingeniarc.com/post/rigidez-de-las-estructuras-y-resistencia-del-concreto</p> <p>Resumen: La rigidez es la oposición a deformarse o cambiar de forma. Viene dada por la sección transversal y la longitud que se le dé al elemento. Quiere decir:</p> <p>Si tenemos un área transversal y le colocamos un elemento con gran longitud este tendrá menos rigidez, pero si tenemos la misma sección transversal y disminuimos la longitud del elemento este tendrá mayor rigidez. De igual forma si tenemos un elemento de gran longitud y queremos tener una buena rigidez en este caso se aumentaría la sección transversal del elemento. Entre más largo sea el elemento, más grande tiene que ser el área transversal.</p> <p>En conclusión al aumentar la sección transversal o la longitud del elemento, dependiendo el caso que se nos presente. Se puede dar una buena rigidez.</p>

Cuadro N°7: Análisis documental de la rigidez de la estructura.
Fuente: Dariana Nieto y María Alarcón (2023).

Análisis documental	
Tema tratado : Exposición del concreto a condiciones especiales	
<p>Descripción del contenido de la cita : Exposición del concreto a condiciones especiales:</p> <p>El concreto destinado a ser estanco deberá cumplir con los requerimientos de la Tabla 4.3.1. Cuando el concreto estructural esté en contacto o rociado por aguas salobres o aguas de mar, se deberán satisfacer: (i) los requisitos que se establecen en la Tabla 4.3.1 para la relación agua/cemento o la resistencia del concreto, según se trate de agregado de peso normal o liviano, respectivamente y; (ii) los de la Sección 7.2.4 referentes a recubrimiento mínimo. (p.26).</p>	<p>Autor (es): FONDONORMA Título: Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural Año: 2006 Página :26 Fuente: FONDONORMA Dirección URL: Resumen : El concreto para trabajarlo en edificaciones que van a ser hechas con concreto y que son a edificados en contexto cercanos al mar y con aguas salobres ha de considerarse siempre los requerimientos establecidos para condiciones de estancamiento y que van de acuerdo al contexto. Es importante decir, que según sea el agregado hay que considerar los siguientes requerimientos: los que son combinados con agua dulce tienen una máxima relación A/C de 0,50 y una mínima resistencia del concreto a compresión de $f'c=260\text{kg/cm}^2$, los que están en contacto con agua de mar deben contener una máxima relación A/C de 0,45 y la mínima resistencia a compresión establecida para estos casos será de $f'c=300\text{kg/cm}^2$ Concreto reforzado se utilizara una máxima relación A/C de 0,40 tanto para aguas dulces como aguas salobre, con resistencia mínima de $f'c=350\text{kg/cm}^2$</p>

Cuadro N°8: Análisis documental de la exposición del concreto a condiciones especiales.

Fuente: Dariana Nieto y María Alarcón (2023).

Análisis documental	
Tema tratado: Resistencia requerida y resistencia de diseño.	
<p>Descripción del contenido de la cita: Resistencia requerida y resistencia de diseño.</p> <p>Para Fratelli (s.f):</p> <p>La resistencia exigida para el diseño de los miembros de concreto armado debe responder a las pautas correspondientes al método de rotura. Esta Norma (Ref. 1) requieren que la resistencia sea adecuada para que los miembros soporten las cargas mejoradas en las combinaciones estipuladas, y se asegure un comportamiento adecuado en régimen de servicio. La resistencia debe ser en todos los casos igual o menor a la de diseño. “U” representa la resistencia requerida a momento flector “M_U”, a carga axial “P_U”, a la fuerza cortante V o a cualquier otra carga.</p>	<p>Autor (es): Fratelli Título: Resistencia requerida y resistencia de diseño. Año: (1998) Página: 14 Fuente: Diseño estructural en concreto armado. Dirección URL:</p> <p>Resumen: En tal sentido la resistencia requerida es también llamada resistencia última, esta debe tener un elemento para soportar lo que son las cargas amplificadas. Las cargas amplificadas hacen mención a los factores que multiplican tanto a la carga viva, a la carga permanente, la carga de sismo y la carga de viento.</p> <p>Es de resaltar que la resistencia requerida debe ser igual o menor a la resistencia de diseño. Para que se puedan cumplir los parámetros establecidos en las normas.</p>

Cuadro N°9: Análisis documental de la resistencia requerida y resistencia de diseño.
Fuente: Dariana Nieto y María Alarcón (2023).

Análisis documental	
Tema tratado: Resistencia a corte	
<p>Descripción del contenido de la cita : Resistencia a corte</p> <p>García (2005): “La resistencia al corte es la predisposición de las partículas de un material a correrse al pasar una sobre otra. La resistencia del concreto al corte varía de un 35% a un 80% de la resistencia a la compresión.”</p>	<p>Autor (es): Adolfo Bernabé García Sologaistoa Título: Consideraciones generales del concreto Año: 2005 Página : 60 Fuente: Tesis presentada a la junta directiva Dirección URL: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_1325.pdf Resumen :</p> <p>La resistencia de corte, causa la deformación de la pieza, debido a que son sometidos a fuerzas importantes, que hacen que el esfuerzo cortante se dirija en varias posiciones de las disposiciones del concreto.</p> <p>Es importante decir, que los esfuerzos de tensión diagonal son los que más interesan a la hora de realizar los cálculos de viga, estos frecuentemente asisten a los esfuerzos cortantes, ya que regularmente las fallas por cortante se originan por la tensión diagonal.</p>

Cuadro N°10: Análisis documental de la resistencia a corte.

Fuente: Dariana Nieto y María Alarcón (2023).

Análisis documental	
Tema tratado : Vigas-Pared	
<p>Descripción del contenido de la cita: Vigas-Pared</p> <p>Para FONDONORMA CONVENIN</p> <p>Vigas cuya luz libre entre apoyos L_n sea menor que 4 veces su altura total, h, o en aquellas regiones de vigas apoyadas con cargas concentradas comprendidas en una longitud igual al doble de la altura total medida desde la cara cargada del apoyo, de manera que pueda desarrollarse el puntal de compresión entre las cargas y los apoyos. (p.77).</p>	<p>Autor (es): FONDONORMA</p> <p>Título: Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural</p> <p>Año: 2006</p> <p>Página :77</p> <p>Fuente: FONDONORMA</p> <p>Dirección URL: https://drive.google.com/file/d/1g-Vd-jZB__Tk-01cTazFBo9vflKbR91m/view</p> <p>Resumen :</p> <p>En el ámbito de la ingeniería civil, las vigas pared, juegan un papel determinante, caracterizadas por poseer cargas concentradas que funcionan a flexión, cuya firmeza induce a tensiones de tracción y compresión. Y es esa resistencia a flexión la que evita que se dé una deformación del concreto, significa entonces, realizar los cálculos correspondientes, pues ello permite un ahorro en el presupuesto de la obra, puesto que no se tendría la necesidad de hacer estructuras extras. Grandes expertos en la materia, consideran los siguientes valores determinados para la relación L_n/h es decir (la luz/el canto): en vigas apoyadas es de 2, vigas continuas es de 2,5.</p>

Cuadro N°11: Análisis documental de las Vigas-Pared.
Fuente: Dariana Nieto y María Alarcón (2023).

Análisis documental

Tema tratado: Compresión simple en el diseño de columnas

Descripción del contenido de la cita: Compresión simple en el diseño de columnas.

Para Fratelli (s.f):

El agotamiento resistente de un elemento de concreto sometido a compresión simple, para el cual su esbeltez no afecta la capacidad portante, se alcanza con las siguientes cargas mayoradas: En miembros sin armar: $P_u = \phi A_g 0,85 f'c$ para $\phi = 0,65$. En columnas ligadas y zunchadas: $p_u = \phi (A_c 0,85 f'c + A_s f_y)$ para $\phi = 0,7$ en columnas ligadas y $\phi = 0,75$ en zunchadas.

Autor (es): Fratelli.

Título: Compresión. Diseño de columna.

Año: (1998)

Página: 83

Fuente: Diseño estructural en concreto armado.

Dirección URL:

Resumen:

Para definir la compresión simple en el diseño de columnas se debe definir la cantidad de barras de acero y el espesor de cada una de ella. Los parámetros que especifican las normas son: Para columnas rectangulares debe tener mínimo 4 barras y un espesor para el lado más pequeño de 20cm, para las columnas cuadradas la misma cantidad de acero con un espesor de 25cm y para las circulares una cantidad de 6 barras de acero y un radio de 25cm. Estas secciones se pueden aumentar mas no disminuir.

Para que la esbeltez no afecte la capacidad portante se debe utilizar para columnas:

Ligadas $\rightarrow \phi = 0,7$

Zunchadas $\rightarrow \phi = 0,75$

Para que ocurra la compresión simple en la columna, la carga axial (P_u) debe estar situada en el centro de la columna, ya que de esta forma se produce el momento (M_u).

Cuadro N°12: Análisis documental de la compresión simple en el diseño de columnas.

Fuente: Dariana Nieto y María Alarcón (2023).

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Para alcanzar el objetivo del presente trabajo de investigación fue necesario indagar en normas, reglamentos, libros y demás fuentes bibliográficas relacionadas al concreto y su resistencia a la compresión, con la finalidad de ubicar la mayor cantidad de información que aportara conocimientos acerca del tema estudiado, con el propósito de comprender todos los elementos que intervienen en el establecimiento de criterios para la correcta elección de la resistencia del concreto en edificaciones. Luego de ello, se procede a presentar a continuación el compendio de criterios como resultado de la investigación, organizándolos por orden de elementos pertenecientes al sistema estructural:

Criterios Generales

- Módulo de elasticidad del concreto ($E_c = 15.100\sqrt{f'_c}$): un valor adecuado de este importante parámetro permite diseñar elementos estructurales que satisfagan de la mejor manera posible los requerimientos de la edificación, debido a que está relacionado directamente con la resistencia que tiene un elemento a deformarse. Razón por la cual se debe considerar al momento de requerir mayor o menor resistencia en la edificación, jugando un papel fundamental la resistencia a compresión del concreto (f'_c), ya que al aumentar f'_c , crece automáticamente el módulo de elasticidad (E_c), lo que conlleva

emplear como solución incrementar o disminuir el valor de $f'c$ conforme lo amerite el proyecto.

- Rigidez de las estructuras: en caso de que se solicite un elemento con mayor rigidez, se puede incrementar ampliando la sección transversal, disminuyendo la longitud del elemento, o aumentando el módulo de elasticidad del concreto. Por el contrario, en oportunidades donde se requiera bajar la rigidez de la estructura igualmente se puede aplicar lo antes mencionado pero reduciendo la sección transversal, aumentando la longitud del elemento, o disminuyendo el módulo de elasticidad del concreto. Influyendo nuevamente en esta última opción la resistencia a compresión del concreto ($f'c$) ya que el valor del módulo de elasticidad depende de $f'c$.
- Exposición del concreto a condiciones especiales: conocer en que ambiente o en que condiciones estará expuesto el elemento es una pieza clave para la selección de la debida resistencia a compresión del concreto $f'c$, por lo que existen lineamientos establecidos en las normas que indican la resistencia idónea tanto para concretos destinados a ser estancos (Cuadro N°2) como para los que estén en contacto con sulfatos (Cuadro N°3).
- Resistencia requerida y resistencia de diseño: todos los elementos del sistema estructural se deben diseñar para que su Resistencia de Diseño \geq Resistencia Requerida. Cuando esto no se cumpla, se deberá aumentar las medidas de la sección del miembro hasta cierto punto que sea aceptable, si aún con eso todavía no cumple con la condición exigida, se tomara como opción incrementar la resistencia a compresión del concreto ($f'c$) del elemento.

Criterios para Vigas

- Resistencia a corte ($V_c = 0,53 \sqrt{f'_c} b_w d$): esta depende de los valores de la resistencia a compresión del concreto (f'_c), el ancho del alma (b_w) y el canto del elemento de concreto (d). Si por alguna particularidad de la estructura se precisa una resistencia nominal a corte mayor, se elegirá como criterio incrementar la resistencia a compresión del concreto (f'_c) para de esta manera obtener la resistencia a corte requerida por el elemento, esto con el propósito de otorgar una seguridad comprensible a la estructura ante las fallas y al mismo tiempo conservar la fisuración dentro de los límites aceptables.
- Vigas-Pared: por resistencia a flexión, en los apoyos no pueden haber esfuerzos de compresión superiores al valor $0,5 f'_c$. De no cumplirse esto, se deberá reforzar con acero, pero en edificaciones donde se pretenda la optimización de recursos financieros se podrá tomar como alternativa incrementar la resistencia a la compresión del concreto (f'_c), ya que este criterio en el diseño de vigas-pared hasta cierto punto puede ofrecer beneficios en cuanto al ahorro de costos por lo que se evita ejecutar otro tipo de estructura adicional a la que ya existe.

Criterios para Columnas

- Compresión simple en el diseño de columnas: el agotamiento resistente en miembros sin armar es: $P_u = \phi A_g 0,85 f'_c$ para $\phi = 0,65$. En columnas ligadas y zunchadas: $p_u = \phi (A_c 0,85 f'_c + A_s f_y)$ para $\phi = 0,7$ en columnas ligadas y $\phi = 0,75$ en zunchadas. Cuando se requiera aumentar la capacidad de agotamiento resistente se puede primeramente tomar como opción incrementar el área gruesa de la sección transversal del elemento que se identifica como A_g , o en su defecto, aumentar la resistencia a compresión del concreto (f'_c).

Es importante decir, que con el desarrollo de la presente investigación y con el planteamiento de los criterios antes expuestos, se ha logrado generar un instrumento de consulta como contribución al mejoramiento de la buena práctica de Ingeniería Civil.

RECOMENDACIONES

- Es conveniente que en la planificación y la realización de los proyectos, se de la integración del diseño arquitectónico con el diseño estructural, porque le brindan a la edificación la mejor estética acompañada de la seguridad, dado por los aportes de los elementos estructurales, proporcionando la resistencia adecuada que les permita soportar las solicitaciones.
- Para la correcta elección de la resistencia a la compresión del concreto en estructuras se recomienda estudiar factores como: el módulo de elasticidad, la rigidez, la exposición del ambiente, la resistencia requerida, la resistencia a corte y flexión. Para poder comprender de qué manera intervienen o afectan la edificación y así determinar que diseño se puede adoptar, para proveerle la resistencia a la compresión que mejor se adapte al proyecto.
- Es recomendable incorporar a los estudiantes de la carrera ingeniería civil en el estudio de los avances recientes del concreto, se sugiere incorporar en el programa de formación, el contenido sobre los criterios de la resistencia del concreto, de tal manera que los conduzcan a elegir las correctas pautas de la compresión del concreto.
- El presente trabajo podría ayudar a los futuros profesionales de la ingeniería civil en la profundización del estudio de la resistencia del concreto, los mismo han de ampliar e incorporar criterios que vayan en consonancia con los nuevos avances en esta área.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anaís, A. C. (30 de enero de 2016). PROPUESTA DE INDICADORES CLAVE EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN. Perú. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/196534207.pdf>. Consultado el día 30 de enero de 2023
- Baena, G. (2017). *Metodología de la Investigación*. México: Grupo Editorial Patria.
- Castro, M. (2003). *El proyecto de investigación y su esquema de elaboración*. Caracas: Uypal.
- Cemex. (5 abril de 2019). *Porque se Determina la Resistencia a la Compresión en el Concreto*. Mexico. Obtenido de <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->
- Claros. (2022). *Rigidez de las Estructuras y Resistencia del Concreto*. Medellín, Colombia: Ingeniarc. Obtenido de <https://www.ingeniarc.com/post/rigidez-de-las-estructuras-y-resistencia-del-concreto>
- Díaz B, P (2014). *Protocolo para los Estudios de Patología de la Construcción en Edificaciones de concreto en Colombia*". Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12694/DiazBarreiroPatricia2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado el día 28 de enero de 2023
- Estructuras de concreto armado para edificaciones, Analisis de diseño*. (1987). Caracas: FONDONORMAS.

Fidias, A. (2006). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. Caracas - Venezuela: Episteme.

García. (2005). *Resistencia Mecánica del Concreto y Resistencia a la Compresión*. Colombia: Copyright. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_1325.pdf

Hernández, R. F. (2015). *Metodología de la investigación*. México.: Mc Graw Hill.

Huanca. (Marzo de 2006). *Diseño de Mezclas Concreto*. Perú. Obtenido de <https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/09/Dise%C3%B1o-de-Mezclas-de-Concreto-Ing.-Samuel-Laura-Huanca.pdf>

Hurtado de Barrera, J. (Metodología de la investigación holística). *Metodología de la investigación holística*. Caracas: Fundación SYPAL.

M, F. (1998). *Diseño Estructural en Concreto Armado*. Caracas-Venezuela: Copyright.

Parella. (2010). *Metodología de la Investigación*. Caracas: FEDUPEL.

Proyecto y Construcción de Obra en Concreto Estructural. (2006). Caracas: FONDONORMA.

Ramírez, T. (1999). *Como hacer un proyecto de investigación*. . Caracas: Panapo.

Requisitos de Reglamentos Para Concreto Estructural (ACI 318S-14). (Enero 2015). Los Teques: America Concrete Institute.

Torres , S. G. (2021). Propuesta De Diseño De Concreto Autocompactante Para Uso En Construcción De Edificios Multifamiliares. *repositorio.ucv.edu.pe*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/74494/Torres_VSG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Consultado el día 29 de enero de 2023

UNELLEZ. (Septiembre 2021). *Guia Para la Presentación Escrita del Trabajo de Grado Dirigidas a Estudiantes y Tutores PCBA*. Barinas.