

**CONTROL, ANÁLISIS Y POSIBLES SOLUCIONES A PATOLOGÍAS
ESTRUCTURALES**

CESAR ANDRÉS TERÁN TULANDY



AUXILIAR DE RESIDENCIA DE OBRA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN - CAUCA**

2018

**CONTROL, ANALISIS Y POSIBLES SOLUCIONES A PATOLOGIAS
ESTRUCTURALES**

CESAR ANDRES TERAN TULANDY



AUXILIAR DE RESIDENCIA DE OBRA

Director:

Ing. ALFER SILVA CERÓN

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN**

2018

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	- 6 -
2. PROBLEMA	- 7 -
3. JUSTIFICACIÓN	- 12 -
4. OBJETIVOS	- 13 -
4.1. OBJETIVO GENERAL:	- 13 -
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	- 13 -
5. ANTECEDENTES	- 14 -
6. MARCO TEÓRICO	- 17 -
6.1. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente de 2010 (NSR – 10).	-
17 -	
6.2. Materiales	- 18 -
6.2.1. Agregados	- 18 -
6.2.2. Agua	- 20 -
6.2.3. Cemento	- 22 -
6.2.3.1. Cemento Portland	- 22 -
6.2.4. Los materiales cementantes deben cumplir con las normas relevantes así:	- 22 -
6.2.5. Acero De Refuerzo	- 23 -
6.2.6. Ladrillo	- 24 -
6.2.6.1. Unidades de concreto	- 24 -
6.2.6.2. Unidades de arcilla	- 25 -

6.2.6.3. Propiedades Físicas _____	- 25 -
6.1. Mampostería estructural:	- 28 -
6.2. Cimentaciones	- 30 -
6.3.1. Cimentaciones superficiales - zapatas y losas _____	- 32 -
6.3.1.1. Estados límites de falla _____	- 32 -
6.3.1.2. Estados límites de servicio _____	- 33 -
6.3.1.3. Capacidad admisible _____	- 34 -
6.3. Patología	- 34 -
7. METODOLOGÍA _____	- 37 -
8. DESARROLLO _____	- 38 -
8.1. Documentación de obra	- 38 -
8.2. Materiales y Suelos	- 39 -
8.2.1. Suelos _____	- 40 -
8.2.2. Materiales _____	- 45 -
8.3. Agua	- 47 -
8.4. Ladrillo	- 48 -
8.5. Concretos	- 49 -
8.6. Estructura	- 56 -
8.6.1. Preliminares _____	- 57 -
8.6.2. Cimentaciones _____	- 58 -
8.6.3. Muros _____	- 61 -

8.6.4. Losas de entrepiso, Vigas de amarre, vigas cinta _____	- 64 -
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	- 71 -
10. CRONOGRAMA _____	- 72 -
11. RECURSOS: _____	73
12. Bibliografía _____	75
12.1. Referencias bibliográficas	75
13. ANEXOS _____	76

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento muestra la confrontación entre la teoría adquirida en la Universidad y la realidad contextualizada en una construcción de vivienda, la cual permitió, además, obtener una experiencia de ingeniería civil y ética profesional en el desempeño de nuestra labor.

De igual forma, el documento es un texto técnico que vislumbra el cumplimiento de la reglamentación colombiana, en una fase constructiva de un proyecto urbanístico, ubicado en la ciudad de Popayán, Cauca, durante el año 2017-2018. Igualmente, expresa los problemas y patologías encontrada con sus respectivas soluciones ejecutadas en el lugar y algunas otras soluciones teóricas.

La observación, la interacción, la medición, los estudios técnicos previos, el Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10 y el análisis de los procedimientos constructivos serán las herramientas del autor para generar un documento didáctico y explicativo del objeto del trabajo, basado en un proyecto de construcción real de 270 viviendas de dos pisos en mampostería estructural.

Su importancia radica en el conocimiento de los problemas que surgen en toda construcción, confrontación con la reglamentación y soluciones inmediatas, *in situ*. Asimismo, el acatamiento por las exigencias planteadas en la reglamentación, que hace que nuestra labor sea respetada y valorada para bien de toda una sociedad.

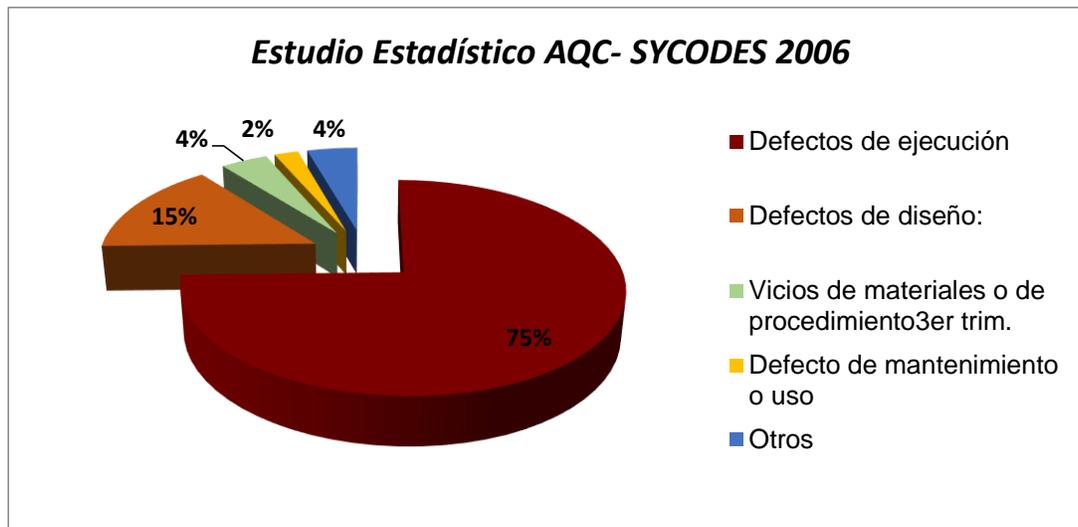
El informe está planteado a través del análisis de los materiales de construcción, de cada elemento que conforma la estructura y las observaciones sobre el cumplimiento de la reglamentación colombiana de sismo resistencia.

2. PROBLEMA

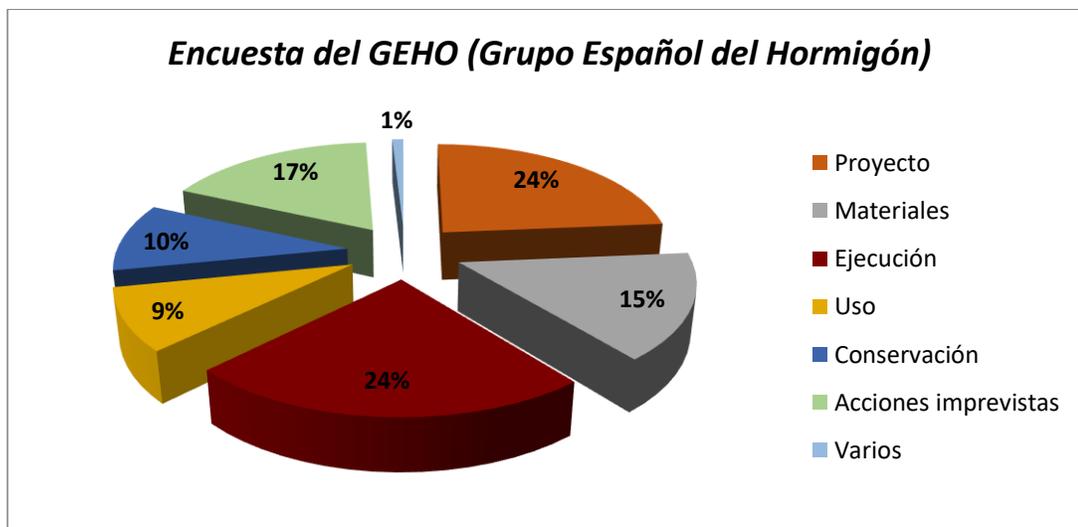
“...Para llevar a cabo una prevención de las patologías es necesario tener conocimientos sobre sus defectos, sus causas y otros costos asociados a ellos...” (Del Carmen Batista, 2010)

Para la identificación del problema se toma como base algunos estudios estadísticos realizados en diferentes países del mundo, los cuales servirán como fuente comparativa a la situación observada en la pasantía realizada durante 576 horas y dentro de una construcción de un condominio de vivienda privada, en la ciudad de Popayán, en el año 2017 a 2018. Entre estos casos destacamos:

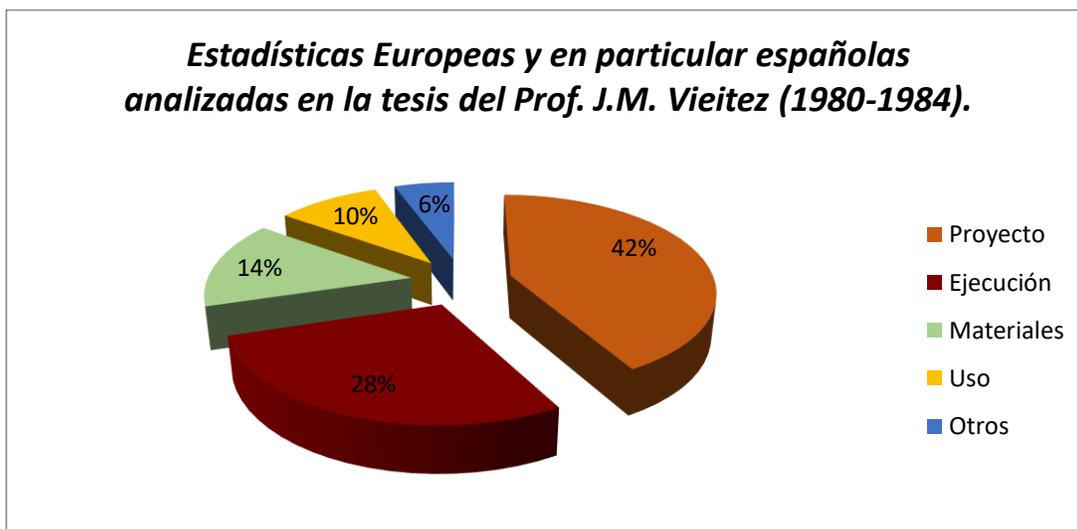
Estudio Estadístico AQC- SYCODES 2006 (Francia): Donde se concluye que entre los años (2002-2004) se presentan fallas en proyectos de construcción así:



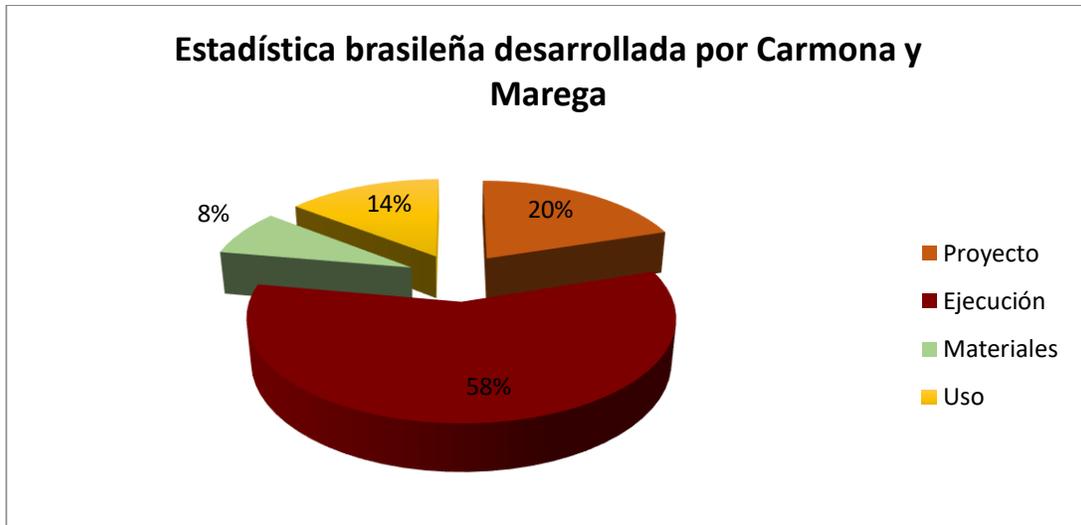
Encuesta del GEHO (Grupo Español del Hormigón) (1992): El ámbito contemplado en esta encuesta, es exclusivamente fallos en las obras de hormigón armado, donde definen: Distribución de los fallos según las etapas del proceso constructivo:



Estadísticas Europeas y en particular españolas analizadas en la tesis del Prof. J.M. Vieitez (1980-1984). La tesis abarca el estudio de las estructuras en general, con dedicación preferente a las de hormigón.



La estadística brasileña desarrollada por Carmona y Marega. Estudio realizado a estructuras de hormigón armado a 527 casos sobre las causas de patologías en las mismas.



Se puede notar que la influencia de la ejecución o fase constructiva de un proyecto, según las estadísticas, en ella siempre se encuentra en los primeros puestos de fallas o patologías encontradas en las estructuras, es aquí donde se ve la importancia de conocer y controlar el desarrollo constructivo de los diferentes elementos estructurales y se toma como referencia el Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia (NSR-10).

Considerando estas estadísticas nace el desarrollo de la presente pasantía, en la cual se pretende caracterizar técnicamente los posibles errores constructivos y patologías que afectan las edificaciones, que van en detrimento de la obra; además de sus posibles soluciones.

Para este análisis es necesario recordar el origen y concepción de los proyectos, como soporte a la necesidad y búsqueda de la mejor solución, al problema evidenciado. Desde el momento en el que nace la idea para satisfacer una necesidad, hasta que se implementa la solución, comienza con una serie de fases; en cada una de ellas se evaluarán diferentes aspectos, que a su vez se tornan como un escalón para obtener el mejor resultado.

Las fases de un proyecto de construcción, son:

Fase conceptual. Es la fase donde se generan ideas a partir de aspectos determinantes, cuyas inconsistencias se presentan al no tener en cuenta la relación entre variables y determinantes. Por ejemplo: definir una mala ubicación del proyecto, no tener en cuenta el mercado, etc.

Fase de planeación y estudios. En esta fase se define la organización, forma de ejecución y los factores que afectan el proyecto; lo anterior se hace por medio de estudios técnicos. Dando un ejemplo, la falta de un buen estudio de suelos puede llevar al colapso cualquier estructura, o la falta de una adecuada planeación puede generar costos masivos en la ejecución del proyecto.

Fase de diseño detallado. Todos los resultados de las fases anteriores se recopilan en esta fase, dándole nacimiento a los planos estructurales, arquitectónicos, eléctricos, hidráulicos, sanitarios, de datos, entre otros; con los cuales debe haber, entre ellos, interacción constante; el no hacerlo conlleva a errores que puede ir en detrimento de la calidad y seguridad de la obra.

Aunque es realmente interesante el estudio de las fases anteriormente nombradas y según las Estadísticas europeas, y en particular españolas analizadas en la tesis del profesor J.M. Vieitez (1980-1984), se sabe que cerca del 42% de las inconsistencias de un proyecto se presentan en ellas.

El presente trabajo se enfocará en la fase de construcción o ejecución donde se encuentra cerca del 28.5% de las inconsistencias, siendo el otro 29.5% distribuido entre el uso, los materiales y diferentes factores que puedan afectar a la estructura.

Definiendo la fase en que se enfocará este trabajo tenemos:

Fase de construcción. Del papel pasa a la realidad, es aquí donde el proyecto se hace real, donde deja de ser solo ideas, planeación y cálculos. Dando pie a que una gran cantidad de mano obra entre en acción, con muchos ítems a construir, muchos frentes de trabajo y dificultad para controlarlos; lo que posiblemente conlleve a una infinidad de inconsistencias que muchas veces

pasan por desapercibidas. Algunos de estas se expondrán en este trabajo, estudiando sus afectaciones hacía la estructura y sus posibles soluciones.

3. JUSTIFICACIÓN

Según las estadísticas anteriormente citadas, realizadas en diferentes países del mundo y tomando los casos más conocidos de proyectos estructurales que fallaron en el país, como las torres Space en la ciudad de Medellín, se encontraron más de 5500 inobservancias, entre otras instancias, al buen juicio ingenieril y al Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia (NSR-10) (EL TIEMPO, 2011). Igualmente, el puente de Chirajara ubicado en la vía Bogotá-Villavicencio, en el departamento de Cundinamarca; donde la estructura presentó el colapso por una deficiencia en el diseño de la estructura de arriostramiento y la falta de acero de refuerzo en la construcción del puente (EL TIEMPO, 2018); además, de una creciente informalidad en las construcciones y modificaciones de las estructuras en diversas ciudades colombianas.

Según El Diario El País solo en la ciudad de Cali se presenta que el 60% de las obras civiles, en este lugar se han realizado o se realizan modificaciones y construcciones informales sin ningún estudio previo, cuestión que puede llevar a tragedias como las ocurridas en la Ciudad de Popayán en el año de 1983 o en Armenia en el año de 1999; todas ellas debidas a eventos sísmicos y a la inexistencia o al no cumplimiento de la reglamentación colombiana de sismo resistencia. Según lo anterior se puede ver la relevancia al control y seguimiento de cualquier obra civil desde su planeación hasta su ejecución y entrega.

El presente trabajo se enfoca en observar, medir, analizar, controlar y corregir, en lo posible, algunas inconsistencias constructivas teniendo en cuenta los estudios técnicos previos, el Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10, y la diferente documentación técnica como los libros del ING. J. Calavera, etc. Asimismo, en el ámbito universitario existen pocos documentos con información didáctica en referencia al tema en cuestión, que ilustre al estudiante e inclusive al profesional.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL:

Controlar en obra el correcto desarrollo constructivo de los diferentes elementos estructurales y no estructurales.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Verificar en obra, el cumplimiento del Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10. Teniendo en cuenta específicamente la información técnica de la construcción.
- Examinar las posibles fallas que se presentan en la construcción que puedan afectar la estructura.
- Ofrecer soluciones a los errores constructivos con el fin de mejorar o minimizar las patologías causadas por los mismos.

5. ANTECEDENTES

En el año 2015 como tesis para optar al título de ingeniero civil en la universidad Militar de Nueva Granada Bogotá: Colombia la estudiante Yenny Consuelo Ceballos Parra realizo su tesis con título “EVALUACIÓN DE LAS ETAPAS DE PLANEACIÓN Y CONSTRUCCIÓN PARA DIAGNOSTICAR LAS VARIABLES QUE INCIDEN EN EL CUMPLIMIENTO DE LA PROGRAMACIÓN, EL PRESUPUESTO Y LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN”, donde se estudiaron las etapas constructivas y todos los factores que alteran los rendimientos, sobre costos y el incumplimiento con la calidad esperada, dando como resultado un esquema del desarrollo de un proyecto de tal modo que se eviten los problemas mencionados.

En el año 2016 como tesis de especialización en interventoría de obras civiles en la universidad de Medellín – Colombia, los estudiantes Miguel Jaime García Betancur, Víctor Oswaldo Hincapié Gómez y Laura Carlina Pérez Ochoa realizaron un estudio de título “METODOLOGÍA PARA LA MITIGACIÓN DE LOS ERRORES EN LOS PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE EDIFICACIONES”, el cual se basa en 20 construcciones del Valle de Aburra y se obtiene como resultado la metodología para reducir en cualquier etapa del proyecto los errores.

En el año 2009 María Mercedes Florentín Saldaña y Rubén Darío Granada Rojas publicaron un libro de nombre “PATOLOGIAS CONSTRUCTIVAS EN LOS EDIFICIOS PREVENCIONES Y SOLUCIONES”, evalúan los problemas más comunes presentes en las construcciones, y las posibles soluciones adecuadas al sistema constructivo.

En 1979 el ingeniero José Calavera Ruiz publicó “PATOGIA DE ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO”, da un precedente, origen y análisis a las patologías en estructuras de hormigón armado y pretensado.

En 2014 el señor Jonathan A. Hernández P. un artículo llamado “ERRORES CONSTRUCTIVOS QUE GENERAN PATOLOGIAS TEMPRANAS EN EL SISTEMA INDUSTRIALIZADO OUTINOURD – PROYECTI BELVERDE ETAPA I”, establece algunos criterios para la evaluación, prevención, corrección e intervención de los errores construidos.

En el año 2011 el fondo de prevención y atención de emergencias (FOPAE) y la Asociación Colombiana de ingeniería Sísmica (AIS) publicaron un documento de nombre “GUÍA DE PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS, ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES GIUA TÉCNICA PARA INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES DESPUÉS DE UN SISMO”, la cual pretende dar una guía al equipo técnico sobre las patologías producidas en las estructuras debidas a un evento sísmico.

En el año 2004 el Departamento de tecnología de la edificación (E.U.A.T.M) de la universidad Politécnica de Madrid, publicó el documento “MANUAL DE PATOLOGÍA DE LA EDIFICCIÓN”, aquí pretende darle una base documental al profesional, técnicos de la construcción.

Rehabilitar y el grupo CYTED, en el año 2003, generó un documento guía donde instruye sobre las patologías y forma de corrección de estas en sistemas de concreto Armado de nombre “MANUAL DE REAHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN”

El ingeniero E. González Valle publicó un artículo en el año 1979, donde se analizan las causas patológicas debidas a errores en la determinación de acciones en construcciones de edificios

de viviendas, naves industriales, muros de contención, puentes depósitos y silos. Denominado “ERRORES EN LA DETERMINACIÓN DE ACCIONES”

En el año 2014 la casa productora de químicos para la construcción SIKA, evalúa y se enseña la forma de evaluación y reparación de fisuras en el concreto, “REHABILITACION, FISURAS EN EL CONCRETO REFORZADO”

En el año 2010 La ingeniera civil Meriyeny del Carmen Batista presento como proyecto de fin de master “CUANTIFICACION ECONOMICA DEL RIESGO INHERENTE DE FALLO ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES” Donde se hizo un estudio para conocer el valor de siniestralidad de las construcciones por fallos estructurales debidos a riesgos inherentes.

El arquitecto Alfonso Rio Bueno en el año 2008 publicó un artículo nombrado “PATOLOGÍA, REPARACIÓN Y REFUERZO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO DE EDIFICACIÓN”, en este, se pretende dar un panorama amplio en relación con la concepción, diseño, construcción y problemas fundamentales de análisis en actuaciones de refuerzo sobre estructuras de hormigón.

En el año 2015 El ingeniero Gonzalo León de los Ríos, público un artículo denominado “DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO EN EL CANAL DE REGADIO DEL DISTRITO DE CABANA”, se desarrolló una hoja Excel para determinar y evaluar las patologías en cada paño y partes del cajón del canal.

En el presente documento se expondrán las diferentes patologías en la construcción de viviendas de dos pisos, las soluciones tomadas en el proyecto, y algunas teóricas; además de su cumplimiento con la reglamentación Colombiana de sismo resistencia NSR-10.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente de 2010 (NSR – 10).

El 7 de junio de 1984 se expidió por medio del Decreto 1400 de 1984 la primera normativa colombiana de construcciones sismo resistentes. Este documento fue una respuesta a la tragedia en víctimas y daños materiales que constituyó el sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983. Dado que se trataba de un decreto de facultades extraordinarias autorizado por la Ley 11 de 1983, su actualización tecnológica no era posible sin una nueva ley que la autorizara.

A mediados de la década de 1990 se emprendieron las gestiones ante el Legislativo para crear una Ley marco que regulara los temas afines con las construcciones sismo resistente y permitiera realizar actualizaciones periódicas sin tener que recurrir al Congreso cada vez que hubiese necesidad de actualizar la reglamentación. En el año 1997 se expidió por parte del Congreso de la República la Ley 400 por medio de la cual se reguló el tema de sismo resistencia de las edificaciones colombianas.

La Ley 400 de 1997 reglamentó los siguientes aspectos fundamentales para que el país disponga de una reglamentación de construcción sismo resistente moderno y actualizado en todo momento:

- Fija el objeto, alcance, excepciones, definiciones, responsabilidades profesionales y otros temas afines.
- Define los profesionales que pueden realizar las labores de diseño, revisión de los diseños, construcción y supervisión técnica, sus cualidades y calidades. (Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente NSR- 10, 2010, p. 1)
- Crea la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, define su conformación y funciones.

- Define en detalle el temario técnico y científico del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y autoriza al Presidente a expedir por medio de decretos actualizaciones periódicas previo visto favorable de la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes.
- Define las responsabilidades y sanciones, fija unos plazos para realizar los análisis de vulnerabilidad sísmica y la actualización de edificaciones indispensables y de atención a la comunidad.

Con base en la potestad reglamentaria que da la Ley 400 de 1997, se expidió el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-98 por medio de Decreto 33 del 9 de enero de 1998, posteriormente se expidieron tres decretos adicionales comprendidos dentro del Reglamento NSR-98, a saber: Decreto 34 de 1999, Decreto 2809 de 2000 y Decreto 52 de 2002; los cuales trataron de aspectos importantes para la correcta aplicación del Reglamento NSR-98 y que afectaron solo algunas partes de él.

Marcando la evolución de las tecnologías, y nuevos estudios se vio la necesidad de actualizar la norma NSR-98 y hoy en día tenemos en Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente de 2010 (NSR-10). (Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente NSR-10, 2010, p. 1)

6.2. Materiales

6.2.1. Agregados

Los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto. (RIVERA G., 1998. P. 41)

Como agregados de las mezclas de mortero o concreto se pueden considerar, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia de la partícula), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento Portland. En general, la mayoría son materiales inertes, es decir, que no desarrollan ningún tipo de reacciones con los demás componentes de las mezclas, especialmente con el cemento; sin embargo, existen algunos agregados cuya fracción más fina presenta actividad en virtud de sus propiedades hidráulicas colaborando con el desarrollo de la resistencia mecánica, tales como: las escorias de alto horno de las siderúrgicas, los materiales de origen volcánico en donde hay sílice activa, entre otros.

Pero hay algunos otros agregados, que presentan elementos nocivos o eventualmente inconvenientes que reaccionan afectando la estructura interna del concreto y su durabilidad, como, por ejemplo, los que presentan elementos sulfurados, los que contienen partículas pulverulentas más finas o aquellas que se encuentran en descomposición latente como algunas pizarras.”

“Los agregados para concreto deben cumplir con una de las siguientes normas:

(a) Agregado de peso normal: NTC 174 (ASTM C33),

(b) Agregado liviano: NTC 4045 (ASTM C330).

Se permite el uso de agregados que han demostrado a través de ensayos o por experiencias prácticas que producen concreto de resistencia y durabilidad adecuadas, siempre y cuando sean aprobados por el Supervisor Técnico. (RIVERA G., 1998. P. 41)

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a:

(a) 1/5 de la menor separación entre los lados del Encofrado, ni a

(b) 1/3 de la altura de la losa, ni a

(c) 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras, o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos. (RIVERA G., 1998. P. 41)

Estas limitaciones se pueden omitir si a juicio del profesional facultado para diseñar la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de hormigueros, vacíos o segregación en la mezcla. (Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente NSR- 10, 2010, p. 3)

6.2.2. Agua

El agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. De toda el agua que se emplea en la preparación de un mortero o un concreto, parte hidrata el cemento, el resto no presenta ninguna iteración y con el tiempo se evapora; como ocupaba un espacio dentro de la mezcla, al evaporarse deja vacíos los cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del mortero o del hormigón. La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior como una regla práctica, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el mortero o el hormigón queden trabajables. (RIVERA G., 1998. P. 77)

Como norma general se considera que el agua es adecuada para producir mortero u hormigón si su composición química indica que es apta para el consumo humano, sin importar si ha tenido un tratamiento preliminar o no; es decir, casi cualquier agua natural que pueda beberse y que no

tenga sabor u olor notable sirve para mezclar el mortero o el concreto. Sin embargo, el agua que sirve para preparar estas mezclas, puede no servir para beberla.

El agua puede extraerse de fuentes naturales cuando no se tienen redes de acueducto y puede contener elementos orgánicos indeseables o un alto contenido inaceptable de sales inorgánicas. Las aguas superficiales en particular, a menudo contienen materia en suspensión tales como: aceite, arcilla, sedimentos, hojas y otros desechos vegetales; lo cual puede hacerla inadecuada para emplearla sin tratamiento físico preliminar, como filtración o sedimentación para permitir que dicha materia en suspensión se elimine. El agua empleada en el mezclado del concreto debe cumplir con las disposiciones de la norma NTC 3459 (BS3148) o de la norma ASTM C1602M cuando sean menos exigentes que los de la norma NTC 3459. El agua debe ser clara y de apariencia limpia, libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el refuerzo. Si contiene sustancias que le produzcan color, olor o sabor inusuales, objetables o que causen sospecha, el agua no se debe usar a menos que existan registros de concretos elaborados con ésta, o información que indique que no perjudica la calidad del concreto (NTC 3459, 2001).

El agua para elaborar el concreto puede tomarse de fuentes naturales y, por lo tanto puede contener elementos orgánicos indeseables o contenidos inaceptables de sales inorgánicas, Las aguas superficiales, en particular, a menudo contienen materia en suspensión, como aceite, arcilla, sedimentos, hojas y otros desechos vegetales, y puede ser inadecuado emplearlas sin tratamiento físico preliminar, como filtración o sedimentación para que dicha materia en suspensión se elimine. (RIVERA G., 1998. P. 77)

6.2.3. Cemento

Es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. Se excluyen las cales hidráulicas, cales aéreas y yesos.

6.2.3.1. Cemento Portland

Producto que se obtiene por la pulverización del Clinker Portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados conjuntamente con el Clinker. (RIVERA G., 1998. P. 77)

6.2.4. Los materiales cementantes deben cumplir con las normas relevantes así:

a) Cemento fabricado bajo las normas NTC 121 y NTC 321 y también se permite el uso de cementos fabricados bajo la norma ASTM C150.

(b) Cementos hidráulicos adicionados fabricados bajo la norma ASTM C595, pero se excluyen los Tipos IS (=70) ya que no pueden ser empleados como constituyentes cementantes principales en el concreto estructural.

(c) Cemento hidráulico expansivo fabricado bajo la norma NTC 4578 (ASTM C845).

(d) Cemento hidráulico fabricado bajo la norma ASTM C1157.

(e) Ceniza volante, puzolana natural y materiales calcinados que cumple la norma NTC 3493 (ASTM C618).

(f) Escoria granulada molida de alto horno que cumple la norma NTC 4018 (ASTM C989)

(g) Humo de sílice que cumple la norma NTC 4637 (ASTM C1240).

(h) Cemento blanco que cumple con la norma NTC1362

(i) Se prohíbe el uso de los cementos de nominados de mampostería en la fabricación de concreto.

Los materiales cementantes empleados en la obra deben corresponder a los que se han tomado como base para la selección de la dosificación del concreto. (NSR- 10. Título C., 2010.)

6.2.5. Acero De Refuerzo

El acero es un producto ferroso con aleaciones de hierro y carbono, con porcentajes de carbono que varían entre un 0,03% y un 2% normalmente y algunos aceros especiales pueden alcanzar valores por encima del 4%. Los aceros son una combinación de una gran cantidad de elementos que pueden perjudicar o beneficiar el producto final, es por esta razón que las fundidoras actuales son tan cuidadosas en la composición química de sus productos. Los aceros están conformados por conglomerados de átomos unidos por enlaces covalentes por lo que tiene un comportamiento físico que se puede explicar a nivel atómico. Si un elemento es cargado y puede recuperar su forma inicial se conoce como deforma elástica la cual se da cuando no se rompe el equilibrio de las fuerzas internas entre átomos y estas pueden regresar a su punto de equilibrio. El módulo de elasticidad a nivel atómico está directamente relacionado con la separación máxima entre átomos, siendo los materiales con enlaces fuertes los que presentan módulos elásticos con mayor capacidad. El refuerzo debe ser corrugado. El refuerzo liso solo puede utilizarse en estribos, espirales o tendones, y refuerzo de repartición y temperatura. Además, se pueden utilizar cuando el Título C del Reglamento NSR-10 así lo permita: refuerzo consistente en pernos con cabeza para refuerzo de cortante, perfiles de acero estructural o en tubos, o elementos tubulares de acero. Las fibras de acero deformadas dispersas se permiten solamente para resistir cortante bajo las condiciones indicadas. (Revista ARQHYS. 2012)

6.2.6. Ladrillo

Se conoce como ladrillo a un elemento de construcción, generalmente hecho con masa de barro cocida, que tiene forma de paralelepípedo rectangular y que permite levantar muros y otras estructuras. Gracias a sus dimensiones, un albañil puede colocar un ladrillo utilizando sólo una mano, lo que facilita las tareas. La utilización de los ladrillos en la construcción comenzó hace unos 11.000 años, en el Neolítico. No se trataba, de todas formas, de los mismos elementos que usamos en la actualidad, ya que se han cambiado los materiales, las formas y las dimensiones.

Hoy los ladrillos suelen construirse con arcilla, que combina silicatos hidratados de alúmina, illita, caolín y otros minerales. Gracias a la cocción a altas temperaturas, la arcilla es más resistente que el adobe. (PÉREZ PORTO Julián y GARDEY Ana, 2011).

“Las unidades de mampostería que se utilicen en las casas de uno y dos pisos pueden ser de concreto, de arcilla cocida o de silical. Las unidades de mampostería pueden ser de perforación vertical, de perforación horizontal o maciza y deben cumplir las especificaciones establecidas en las normas NTC expedidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, que se relacionan a continuación:

6.2.6.1. Unidades de concreto

(a) Las unidades (bloque) de perforación vertical portante de concreto deben cumplir con la norma NTC 4026 (ASTM C90)

(b) Las unidades portantes de concreto macizas (tolete), deben cumplir con la norma NTC 4026 (ASTM C55)

(c) Las unidades de concreto de resistencia clase baja, deben cumplir con la norma NTC 4076 (ASTM C129)

6.2.6.2. Unidades de arcilla

(a) Las unidades (bloque) de perforación vertical de arcilla deben cumplir con la norma NTC 4205 (ASTM C34)

(b) Las unidades de arcilla macizas (tolete) deben cumplir con la norma NTC 4205 (ASTM C62, C652)

(c) Las unidades de arcilla de resistencia clase baja, deben cumplir con la norma NTC 4205 (ASTM C56, C212, C216). (NSR- 10. Título E., 2010).

6.2.6.3. Propiedades Físicas

6.2.6.3.1. Absorción de agua. Las unidades de mampostería de arcilla cocida, ensayadas según el procedimiento descrito en la NTC, 4017 (ASTM C67), deben cumplir con los requisitos de absorción de agua en 24 h de inmersión (promedio y máximo individual) que se da en las Tablas 1 y 2.

En general no se pueden tener absorciones inferiores al 5% en promedio, ni superficies vidriadas o esmaltadas en las caras en que se asientan o en las que se vayan a pañetar.

Si en razón de la materia prima utilizada, las unidades de mampostería de uso exterior (fachada) resultan con absorción mayor a la especificada, se puede acudir al análisis termo diferencial conjunto de la arcilla y el producto cocido, para demostrar si la temperatura de cocción es suficiente o no, y para evitar la rehidratación de la arcilla cuando las piezas estén expuestas a la intemperie. También se puede tomar como criterio de estabilidad a la intemperie, la relación de módulos de rotura, establecida entre una pieza saturada de agua durante 24 horas a temperatura ambiente y el de una pieza seca. Dicha relación no puede ser inferior a 0.8. Este ensayo se efectúa sobre cinco muestras para cada estado, según el método descrito en la NTC 4017.

6.2.6.3.2. *Resistencia mecánica a la compresión*

Las unidades de mampostería de arcilla cocida deben cumplir con la resistencia mínima a la compresión que se especifica en las tablas 1 y 2, cuando se ensayan según el procedimiento descrito en la NTC 4017. En los ladrillos de perforación vertical, la resistencia neta a la compresión se calcula dividiendo la carga de rotura o de falla por el área neta de la sección perpendicular a la carga (se descuentan las áreas de celdas y perforaciones). En los macizos, la resistencia neta y la resistencia bruta son iguales porque se calculan dividiendo por el área de apoyo de los ladrillos.

Tabla 1. Propiedades físicas de las unidades de mampostería estructural

Tipo	Resistencia mínima a la compresión Pa (Kgf/Cm ²)		Absorción de agua máxima en %			
			Interior *		Exterior	
	Prom. 5 U	Unidad	Prom. 5 U	Unidad	Prom. 5 U	Unidad
PH	5.0 (50)	3.5 (35)	13	16	13.5	14
PV	18.0 (180)	15.0 (150)	13	16	13.5	14
M	20.0 (200)	15.0 (150)	13	16	13.5	14

PH = Unidad de mampostería de perforación horizontal (ladrillo y bloque)

PV = Unidad de mampostería de perforación vertical (ladrillo y bloque)

M = Unidad de mampostería maciza (ladrillo)

Notas:

- Se debe considerar defecto principal, el no cumplimiento de la resistencia y como defecto secundario el no cumplimiento de la absorción. El no cumplimiento de la resistencia motiva además al rechazo de los especímenes, mientras que el incumplimiento de la

absorción queda condicionado a los demás requisitos de calidad que establece esta norma y a lo acordado entre cliente y proveedor.

- Para unidades de perforación vertical de 20 cm de altura o más, el requisito de resistencia a la compresión se debe reducir en un 25% sobre los mínimos exigidos por la tabla.

Tabla 2. Propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural

Tipo	Resistencia mínima ¹⁾ a la compresión Pa (Kgf/cm ²)		Absorción de agua máxima en %			
			Interior		Exterior	
	Prom. 5 U	Unidad	Prom. 5 U	Unidad	Prom. 5 U	Unidad
PH	3.0 (50)	2.0 (20)	17	20	13.5	14
PV	14.0 (140)	10.0 (100)	17	20	13.5	14
M	14.0 (140)	10.0 (100)	17	20	13.5	14

²⁾ para el caso de ladrillos de perforación vertical, los valores establecidos corresponden a Resistencia Neta mínima a la compresión, en los otros casos corresponden a Resistencia Bruta.

PH = unidad de mampostería de perforación horizontal (ladrillo y bloque)

PV = Unidad de mampostería de perforación vertical (ladrillo y bloque)

M = Unidad de mampostería maciza (ladrillo)

Notas:

- Se debe considerar defecto principal, el no cumplimiento de la resistencia y como defecto secundario el no cumplimiento de la absorción. El no cumplimiento de la resistencia motiva además al rechazo de los especímenes, mientras que el incumplimiento de la

absorción queda condicionado a los demás requisitos de calidad que establece esta norma y a lo acordado entre cliente y proveedor.

- Para unidades de perforación vertical de 20 cm de altura o más, el requisito de resistencia a la compresión se debe reducir en un 25% sobre los mínimos exigidos por la tabla.

6.1. Mampostería estructural:

Para poder hablar de mampostería estructural primero se debe definir a que se refiere esta:

A medida que avanza la humanidad se han requerido edificaciones más altas, con mayor capacidad y de mayor resistencia; pero, la naturaleza ha enseñado que no se pueden construir de cualquier forma, es por eso que nacieron las normativas sismo resistentes, las cuales nos exige una rigidez adecuada para que el movimiento horizontal en las edificaciones sea el mínimo posible ante un evento sísmico; para esto nacieron diferentes sistemas constructivos entre ellos los denominados muros de carga.

Los muros de carga son elementos muy esbeltos en una dirección (poco espesor), pero con proporciones considerables en las otras dos direcciones, lo que hace que sean elementos muy rígidos en una dirección.

Los muros de carga generalmente son construidos con unidades, bloques, ladrillos de arcilla o de concreto, los cuales pueden ser macizos, de perforación vertical o de perforación horizontal, siendo los de perforación vertical los más utilizados por su facilidad al colocar las barras de refuerzo vertical, las cuales son fijadas al muro por un mortero o concreto de relleno (Grout).

La Reglamentación colombiana los clasifica, hablando de mampostería de perforación vertical, en dos tipos: mampostería reforzada y mampostería parcialmente reforzada.

La mampostería reforzada es aquella que cumple las siguientes características:

- La cuantía del refuerzo sobre el área bruta del muro en todas las direcciones no debe ser menos a 0.0007.
- La suma de las cuantías de acero en ambas direcciones debe ser mayor a 0.0020.
- El espaciamiento horizontal entre refuerzos verticales no puede ser mayor a 1.2m.
- Se debe disponer de una barra n° 4 o 12mm vertical en cada extremo del muro.
- Se debe disponer de una barra n° 4 o 12mm vertical en cada abertura interior mayor a 60 cm horizontal o vertical este refuerzo debe ser continuo dentro del tramo del muro.
- El diámetro de refuerzo horizontal en las juntas horizontales de pega no debe ser menor de 4mm y no puede espaciarse verticalmente más de 60 cm.
- Se debe colocar un mínimo de 2 barras n° 3 o 10mm en el remate y arranque de los muros y a nivel de losas de entre piso.
- Se debe colocar un mínimo de 2 barras n°3 o 10mm en la parte superior y en la parte inferior de las aberturas interiores mayores a 60 cm este refuerzo debe extenderse dentro del muro, un mínimo de 60 cm.

La mampostería parcialmente reforzada es aquella que cumple las siguientes características:

- La cuantía de acero tanto vertical como horizontal no debe ser menor de 0.00027 teniendo en cuenta que el refuerzo debe ser continuo en el muro
- El espaciamiento de los refuerzos verticales no debe ser mayor a 2.4m
- Se debe disponer como mínimo de una barra n° 3 o 10mm vertical en cada extremo del muro
- Se debe disponer de una barra n°3 o 10mm vertical como mínimo al lado de las ventanas o aberturas mayores a 60 cm horizontal o verticalmente, las barras deben ser continuas.
- El refuerzo horizontal en las juntas de pega no puede estar espaciado más de 80 cm.

- Se debe colocar refuerzo horizontal mínimo de dos barras n°3 o 10mm en el remate y arranque de los muros, al nivel de losas de entrepiso.
- En la parte superior e inferior de las aberturas mayores a 60 cm el refuerzo debe extenderse dentro del muro, mínimo 60 cm.

El uso de una o de otra se limita al requerimiento de disipación de energía por región. Tenemos que la mampostería reforzada se exige para zonas con sistemas de capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico (DES) y la mampostería, parcialmente reforzada, se exige para zonas que requieren sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (DMO). (NSR- 10. Título D, 2010.)

6.2.Cimentaciones

El objeto de una cimentación es proporcionar el medio para que las cargas de la estructura, concentradas en columnas o en muros, se trasmitan al terreno produciendo en este un sistema de esfuerzos que puedan ser resistidos con seguridad, sin producir asentamientos, o con asentamientos tolerables, ya sean estos uniformes o diferenciales.

En toda estructura es necesario distinguir dos partes principales: la superestructura y la subestructura.

La superestructura, en el caso de edificios, es aquella parte de la estructura que está formada por losas, trabes, muros, columnas, etc. La subestructura es la parte de la estructura que sirve para transmitir las cargas de esta al suelo de cimentación.

En forma general las cimentaciones pueden ser clasificadas en dos grupos: cimentaciones superficiales y cimentaciones profundas. Una cimentación superficial es aquella en la cual los elementos verticales de la superestructura se prolongan hasta el terreno de cimentación, descansando directamente sobre el mediante ensanchamiento de su sección transversal con el fin

de reducir el esfuerzo unitario que se transmite al suelo. De este tipo son las zapatas aisladas, zapatas conectadas, zapatas ligadas, las cimentaciones por trabes y las losas de cimentación.

Una cimentación indirecta es aquella que se lleva a cabo por elementos intermedios como los pilotes, cilindros y cajones de cimentación, ya que el suelo resistente se encuentra relativamente a gran profundidad.

Para poder elegir adecuadamente un determinado tipo de cimentación es necesario seguir la secuela que a continuación se indica:

- a) Estudio de cargas y de la compatibilidad entre el tipo de cargas y las características del subsuelo (según el tipo de estructura) llevando a cabo análisis cuidadosos y los más apegados posible a la realidad.
- b) Determinación de la capacidad de carga del suelo de cimentación y de los asentamientos probables.
- c) Preparación de varios anteproyectos de los diferentes tipos posibles de cimentación.
- d) Selección del tipo de cimentación más adecuado atendiendo: tipo de suelo, rapidez en la construcción, adaptabilidad, economía. (CRESPO VILLALAZ Carlos, 2004).

Según la reglamentación colombiana tenemos:

Toda edificación debe soportarse sobre el terreno en forma adecuada para sus fines de diseño, construcción y funcionamiento. En ningún caso puede apoyarse sobre la capa vegetal, rellenos sueltos, materiales degradables o inestables, susceptibles de erosión, socavación, licuación o arrastre por aguas subterráneas. La cimentación se debe colocarse sobre materiales que presenten propiedades mecánicas adecuadas en términos de resistencia y rigidez, o sobre rellenos artificiales, que no incluyan materiales degradables, debidamente compactados.

En el diseño de toda cimentación se deben considerar tanto los estados límite de falla, del suelo de soporte y de los elementos estructurales de la cimentación, como los estados límites de servicio. Los edificios se deben diseñar empotrados en su base para que los esfuerzos se transmitan en forma adecuada a la cimentación. En los cálculos se tendrá en cuenta la interacción entre los diferentes elementos de la cimentación de la estructura y de las edificaciones vecinas, como analizar si hay superposición de bulbos de carga, los efectos de los sótanos, las excentricidades de los centros de gravedad y de cargas que en conjunto se ocasionan.

Los parámetros de diseño deben justificarse plenamente, con base en resultados provenientes de ensayos de campo y laboratorio.

6.3.1. Cimentaciones superficiales - zapatas y losas

6.3.1.1. Estados límites de falla

El esfuerzo límite básico de falla de cimentaciones superficiales se calculará por métodos analíticos o empíricos, debidamente apoyados en experiencias documentadas, recurriendo a los métodos de la teoría de plasticidad y/o análisis de equilibrio límite que consideren los diversos mecanismos de falla compatibles con el perfil estratigráfico. Además de la falla por cortante general, se estudiarán las posibles fallas por cortante local, es decir aquellas que puedan afectar solamente una parte del suelo que soporta el cimiento, así como la falla por punzonamiento en suelos blandos. En el cálculo se deberá considerar lo siguiente:

- (a) Posición del nivel freático más desfavorable durante la vida útil de la edificación,
- (b) Excentricidades que haya entre el punto de aplicación de las cargas y resultantes y el centroide geométrico de la cimentación,
- (c) Influencia de estratos de suelos blandos bajo los cimientos,
- (d) Influencia de taludes próximos a los cimientos,
- (e) Suelos susceptibles a la pérdida parcial o total de su resistencia, por generación de presión de poros o deformaciones volumétricas

importantes, bajo solicitaciones sísmicas (f) Existencia de galerías, cavernas, grietas u otras oquedades.

6.3.1.2. Estados límites de servicio

La seguridad para los estados límite de servicio resulta del cálculo de asentamientos inmediatos, por consolidación, los asentamientos secundarios y los asentamientos por sismo. La evaluación de los asentamientos debe realizarse mediante modelos de aceptación generalizada empleando parámetros de deformación obtenidos a partir de ensayos de laboratorio o correlaciones de campo suficientemente apoyadas en la experiencia. Pueden utilizarse relaciones entre el módulo de elasticidad y el valor de la penetración estándar y la penetración con cono, con el soporte experimental adecuado.

Los asentamientos inmediatos bajo cargas estáticas se calcularán utilizando la teoría de la elasticidad. En suelos granulares se tomará en cuenta el incremento de la rigidez del suelo con la presión de confinamiento. La magnitud de las deformaciones permanentes que pueden presentarse bajo cargas sísmicas se podrá estimar con procedimientos de equilibrio límite para condiciones dinámicas.

Los asentamientos por consolidación se producen por la migración gradual del agua hacia afuera de los suelos saturados, como respuesta a una sobre carga externa. Su cálculo se realizará con los parámetros determinados de las pruebas de consolidación unidimensional o triaxial realizadas con muestras inalteradas representativas del material existente bajo los cimientos. Los incrementos de presión a las diferentes profundidades, inducidos por la presión que los cimientos transmiten al suelo, se calcularán con la teoría de la elasticidad. La presión de contacto en los cimientos se estimará considerando hipótesis extremas de repartición de carga, o a partir de un análisis de interacción estática suelo-estructura.

Para evaluar los asentamientos diferenciales de la cimentación y los inducidos en construcciones vecinas, los asentamientos se calcularán en un número de sitios ubicados dentro y fuera del área cargada.

Para determinar los asentamientos por sismo hay que considerar las cargas verticales de los apoyos y las cargas resultantes de los momentos, especialmente en muros pantalla. El ingeniero estructural le suministrará al ingeniero geotecnista la información relativa al sismo para que el evalúe los asentamientos por este tipo de cargas (instantáneas) y los integre con los de rebotes, consolidaciones, etc.

6.3.1.3. Capacidad admisible

La capacidad admisible de diseño para la cimentación deberá ser el menor valor entre el esfuerzo límite de falla, reducido por el factor de seguridad, y el que produzca asentamientos iguales a los máximos permitidos. Esta capacidad debe ser claramente establecida en los informes geotécnicos. (NSR- 10. Título H, 2010.)

6.3. Patología

La palabra proviene del griego “**pathos**”: **enfermedad**, y “**logos**”: **estudio**; y en la construcción, enfoca el conjunto de enfermedades, de origen químico, físico, mecánico o electroquímico, y sus soluciones; mientras que la “tecnología de los materiales” trata de las técnicas para

La ejecución y aplicación de esas soluciones. La relación efectiva de los conocimientos en ambas áreas, conjuntamente con los conceptos de prevención, y mantenimiento, nos brindará una mayor garantía de calidad en nuestras obras.

¿Por qué surgen las patologías?, ¿cuáles son sus causas?, ¿cómo se manifiestan?, ¿cuáles son sus efectos en la construcción? Estas son las preguntas que nos llevan a un análisis que dará por resultado un diagnóstico, el cual será decisivo para definir el tratamiento adecuado.

Podemos clasificar sus causas según su origen en:

- **Lesiones químicas**, es el resultado de la exposición de los materiales a sustancias corrosivas que provienen del exterior o del interior. La corrosión puede generarse por:
Corrosión química: reacción de metales con gases; Corrosión electroquímica: corrosión de metales por un medio electrolítico; Corrosión metálica: metales en contacto con agua; Corrosión por erosión: es el desgaste en la sección de los metales, ej. El desgaste de una cañería por la velocidad del fluido que circula en su interior por acción de una bomba muy potente; corrosión por incrustación: por deposición de sarro y barro, ej. Sedimentación de sarro en un termo calefón; Corrosión general: deterioro por acción del medio ambiente como por ej.: la oxidación, la eflorescencia aparición de manchas blancas por presencia de sales.
- **Lesiones físicas**, se dan comúnmente por la acción de los agentes climáticos como la lluvia, la lluvia ácida, el viento, el calor, los rayos ultra violetas, la nieve etc., resultando por ej.: la humedad, la suciedad, la erosión, la dilatación, la deformación, la rigidización, la fragilidad, el resecamiento, la criptoflorescencia o aumento de volumen por absorción de humedad.
- **Lesiones mecánicas**: pueden generarse por acción de tensiones no estabilizadas, por falta de coordinación de las obras civiles, como por ej. grietas, fisuras, deformaciones, desprendimientos.
- **Lesiones orgánicas**: se dan por ataques de insectos y parásitos.

- **Lesiones por ruidos:** es la contaminación sonora relacionada a la contaminación ambiental, su efecto es la reverberación, pero más incidencia tiene sobre el ser humano afectando a su salud y ocasionándole: fatiga auditiva, sordera a partir de 90db, traumatismo acústico a partir de 140 db, alteraciones en el ritmo cardiaco y la presión arterial, menor rendimiento laboral, alteraciones en la calidad del sueño, dolor de cabeza, sensación de displacer, el 50% de los errores en las tareas de concentración, y el 20% de los accidentes de trabajo están relacionados con esta causa. Por estas razones estudiaremos los materiales acústicos que ayudan a prevenir o solucionar estos problemas.

En general estas patologías perjudican el aspecto de la obra, destruyen los pulidos, altera los colores, generan manchas, afectan las secciones de los metales e incluso los elimina, disminuyen las resistencias, destruyen la estanqueidad, generan sustancias contaminantes y perjudican la salud.

7. METODOLOGÍA

La observación, medición, participación y supervisión de cada actividad serán las herramientas del autor para la recolección de los datos, se sigue el estándar marcado por la norma sismo resistente colombiana (NSR-10), basándose en la construcción y los diseños estructurales y arquitectónicos en el proyecto de vivienda en mampostería estructural y trabajado como auxiliar en residencia.

Seguidamente, de la recolección de los datos prácticos, se procederá a una búsqueda exhaustiva de material teórico, que ayude con determinación de las soluciones teóricas; además de las posibles patologías presentes que pueda causar cada error constructivo.

Por último, se pretende generar un documento en el cual el lector pueda obtener información de las diferentes patologías causadas, cómo se debe proceder ante los errores que se nombraran y qué no se debe hacer.

8. DESARROLLO

Como se mencionó, en las estadísticas anteriormente citadas en el problema, se puede asegurar que el proceso que precede a la etapa constructiva tiene una gran relevancia en el desarrollo de cualquier proyecto y, de igual forma, estas alteran el cumplimiento con la reglamentación; pero estas no entraran en el alcance del actual trabajo. A continuación se analizará cada proceso e ítem para el desarrollo de una vivienda de 2 pisos, en mampostería estructural.

8.1. Documentación de obra

Es importante, cuando hablamos de una obra civil iniciar por los Planos. Pues estos son ese medio que en ingeniería y arquitectura se usa para la representación en dos dimensiones de toda la conformación de la estructura desde su cimentación hasta su cubierta. Los planos tienen su concepción en una fase anterior a la fase de ejecución del proyecto, pero de estos depende el replanteo correcto de la estructura y es por eso que la reglamentación colombiana de sismo resistencia (NSR-10) pone en sí unos literales de cómo debe ser y qué información estos deben tener para que se presente una buena lectura.

Según el reglamento sismo resistente colombiano, en el literal A.1.5.2.1, nombra los parámetros y consideraciones que se deben tener para los planos estructurales, el “tamaño y localización de todos los elementos estructurales, así como sus dimensiones y refuerzo”, uno de los puntos a tener en cuenta en cada plano, entre otros.

Si se hace un análisis de los planos suministrados a los contratistas en la construcción del proyecto, se encontraron diversas situaciones particulares, que aunque se realizó un proceso formal de entrega de estos, en el transcurso de la obra hubo modificaciones de tal índole que los planos entregados presentaban falta de algunos elementos y de acotamiento; lo que llevo a la solicitud de nuevos planos a la administración del proyecto, que fueron entregados en planos no formales,

dados en hojas tamaño carta, lo que dificultó su lectura; inconveniente que se solventó someramente solicitando otros planos como son los arquitectónicos.

En cuanto a las modificaciones de la estructura se puede hablar de dos tipos: aquellas que no alteran el comportamiento estructural del proyecto y las que lo afectan realmente. En el caso particular de este proyecto, las modificaciones eran aquellas que se nombran primero, no modifican o no generan un impacto al comportamiento estructural, así, dando a estas una solución en obra. Pero no se puede dejar de comentar las modificaciones que si lo hacen, modifican su comportamiento estructural, las cuales deben llevar, en opinión del autor, un proceso de autorización por curaduría proceso que en la mayoría de obras no se realiza, puesto que esto genera largas esperas, que en el sector constructivo no es rentable.

De lo anterior, es normal que los planos en obra y los planos en curaduría no sean los mismos o presenten diferencias, así como se observó en este proyecto. Aunque el autor hizo la correspondiente solicitud a la curaduría con el objetivo de comparar con los planos obtenidos en obra, esto no fue posible debido a que la empresa contratante no cedió la información de manera formal, ya que siempre se laboró con planos impresos tamaño carta.

8.2. Materiales y Suelos

Aunque el estudio de materiales para la construcción, específicamente a arenas y agregados pétreos, está muy bien referenciado por la reglamentación colombiana de sismo resistencia, en su capítulo C; en este caso se basó en la observación directa del autor sobre los materiales, ya que la hermeticidad de la empresa constructora con los resultados de los estudios de laboratorio, impidió un análisis más profundo del tema, a su vez denotar el cumplimiento del reglamento.

A continuación, se nombra algunas de las características que se observaron de los suelos y de los materiales pétreos, además de un caso especial donde se hizo un manejo diferente para la cimentación de 3 casas adicionales.

8.2.1. Suelos

En toda la zona del proyecto se realizaron 18 muestras alteradas e inalteradas con el muestreador Split Spoom Sampler y el Tubo Shelby, respectivamente, en profundidades variables de 5 a 19 metros de profundidad de modo manual y mecánico. Se encuentra presencia de un material limoso proveniente de suelos residuales de la meteorización de las cenizas volcánicas y de los flujos piroclásticos, típicos en la meseta de Popayán; en toda su extensión no se encontró la presencia del nivel freático hasta los 19 metros de profundidad, en conformidad con la reglamentación (citado en1).

El análisis cumple con la exigencia básica de estudios geotécnicos, los parámetros de profundidad, respecto al tipo de estructura y altura. Si se habla del mínimo de puntos a tomar, no se puede opinar puesto que no se conoce la ubicación donde estos fueron tomados ni que tan cerca están entre ellos. Pero, según lo que se interpreta (citado en 2), son muy pocos los puntos tomados para el estudio de suelos, con respecto a la dimensión del lote y la cantidad de estructuras que lo componen.



Figura 1. Terreno en su capa superficial.

En la **Figura 1** podemos observar el terreno en su capa superficial, definido según los estudios geotécnicos, es un suelo fino limoso, con tonalidades que varían entre amarillo claro, amarillo oscuro y amarillo rojizo, clasificado como un limo de alta compresibilidad (MH), en condiciones climáticas de un fuerte verano.



Figura 2. Épocas de lluvias abundantes

En la **Figura 2.** Se puede observar el terreno en condiciones de lluvias intensas, claramente se observa que se ha superado el límite líquido del material, la humedad del material naturalmente oscila entre 44.3-101.2%; el límite líquido del material está entre 76.9-143.6%, lo que afecta seriamente el transporte de materiales.

Según la recomendación geotécnica, se optó como solución de cimentación idónea, para este tipo de estructura y suelos presentes en el proyecto, una losa nervada siempre y cuando ésta se efectúe sobre el suelo natural y no en suelo de relleno. Sin embargo, en la construcción no se realizó dicha recomendación, a cambio se realizó una losa maciza acompañada de vigas que dieron soporte a los muros.

También es de observar un caso especial aplicado a la cimentación de 3 casas adicionales al proyecto original; aquí se realizó la construcción de unos muros de contención y un posterior relleno al cajón formado por estos, ya que el terreno natural presentaba una topografía que no se adaptaba a los niveles requeridos.



Figura 3. Muros de contención

En la **Figura 3**, se observa los muros que se construyeron para poder mantener los niveles de las casas, dándole continuidad visual y estética al proyecto, aunque esto implicó realizar la cimentación en suelo de relleno, al cual se le solicitó que tuviera una densidad del 95% del Proctor normal; también se observa que el personal comienza a realizar el relleno con el material de la zona.



Figura 4. Compactación

Figura 4. Se procedió a la compactación por medio de un saltarín realizando capas de 30 cm de espesor y procurando mantener uniformidad en todo el terreno.



Figura 5. Toma de densidades (*Proctor normal*)

En la **Figura 5**, se aprecia la toma de densidades, se exigió una densidad del 95% del Proctor normal, resultado que por los medios disponibles no fue posible obtener. Al no lograrse llegar a esta densidad se ejecutó, como primera solución, una escarificación y se realizó un mejoramiento del suelo con cemento; puesto que al fraguar e hidratarse produce la unión entre las partículas funcionando como aglomerante, procedimiento que no tuvo mucho efecto aunque se controló la humedad y por los medios disponibles se buscó dar la densidad requerida. En opinión del autor, este procedimiento no fue exitoso por la cantidad de cemento suministrado, 2 sacos, para el mejoramiento del suelo; se requiere, entonces (según citado 3) del 8 al 12 % en peso del material en cemento para la estabilización de un suelo limoso de alta plasticidad.

Como solución definitiva y por la necesidad de avanzar en la construcción de estas viviendas se decidió retirar el material, reemplazarlo con roca muerta (**figura 6**) y mejorar el equipo de compactación (**figura 7**); con el control de la humedad y el nuevo equipo se llegó rápidamente a las densidades requeridas, en este caso y por el cambio del material, al 95% del Proctor modificado.



Figura 6. Cambio de material
compactación



Figura 7. Cambio de equipo de compactación

8.2.2. Materiales

De los materiales se puede decir poco, la arena se provee de Galindez o del río Palo, ubicado Padilla, Cauca y la grava lo provee “Agregados y triturados del Cauca”, situado en Galíndez, Cauca. El autor al desconocer la ficha técnica de los materiales hizo la debida solicitud a la administración del proyecto, obteniendo una negativa.

Los materiales, al ser descargados, como arenas y gravas siempre se han encontrado, a opinión del autor, en un buen estado; estos materiales presentan un estado uniforme, limpio y con presencia de una buena granulometría.

La dificultad que se presenta con los materiales mencionados, aunque no se puede negar que se necesitan dos tipos de arena en el proyecto, una para preparación de concreto; y la otra, para el mortero de pega. Es la variabilidad de estas, puesto que algunos cargamentos llevan arena de granos muy gruesos (**figura 9**) y otros llevan arena de grano muy fino (**figura 8**), más la alta demanda de las arenas por el ritmo de construcción, se presenta continuamente el desabastecimiento de estas, obligando a utilizar las arenas para el uso incorrecto y a pesar de esto no hay uniformidad en el material, muchas veces llega arena para concreto muy gruesa o tan fina que se deja para uso de mampostería.



Figura 8. Arena delgada



Figura 9. Arena Gruesa

Otro factor a tener en cuenta es el almacenamiento del material (**figura 10**), el cual se encuentra al aire libre, factor que lo expone a las continuas lluvias, alterando constantemente su humedad. Además, el material es vertido sobre el terreno natural del lugar y por el constante acarreo se presenta contaminación con el suelo presente (**figura 11**), lo que genera la imposibilidad de utilización de estos materiales en preparación de concretos (mencionado por 4).



Figura 10 Almacenamiento de material



Figura 11 Contaminación del material

A pesar del tiempo, y del progreso del proyecto, las condiciones de almacenamiento no se mejoraron, lo único que cambio fue el lugar de acopio del material, manteniéndose el descargue en el suelo y al cielo abierto. Al ver la cantidad de material contaminado se determinó por escoger más el material y de eliminar lo más posible los terrones de suelo de la arena y grava.

Por lo anterior, se puede decir que se genera una incoherencia con la reglamentación colombiana de sismo resistencia (capítulo D.4.3.1), el cual expresa que los materiales para la construcción deben estar protegidos contra el deterioro anormal o la contaminación.

8.3. Agua

El agua cumple dos funciones: la primera es la de hidratar el cemento, el cual da comienzo a las reacciones químicas que generan el fraguado; la segunda la manejabilidad de las mezclas, tanto en concreto como en mortero.

Se debe tener en cuenta que el agua ocupa dos espacios en la estructura del concreto o mortero, un espacio de agua fija y otro de agua libre; al aumentar la cantidad de agua en una mezcla, la cantidad de agua fija siempre será la misma, lo que hace que el agua libre aumente ocupando un

espacio entre partículas, y como consecuencia del tiempo y natural, esta se evaporará dejando los espacios entre partículas libres y aumentando la porosidad; entonces se reduce la resistencia de las mezclas y su durabilidad (citado por 5). La masa del agua debe estar cercana al 40%, para que el cemento presente una buena hidratación y una buena manejabilidad (Tomado de 6).

El agua óptima para el concreto es aquella que puede ser apta para el consumo humano, es decir el agua que en su composición química no contenga elementos corrosivos, que no contenga olor, ni color, sea o no tratada y sea bebible. Esta agua es la óptima para el uso en mezclas de mortero y concreto, en este caso se utiliza agua del acueducto de Popayán, la cual se caracteriza por ser de gran calidad e idónea para el trabajo a desarrollar. En conclusión, las aguas utilizadas en la preparación de las distintas mezclas de la obra cumplen con la reglamentación colombiana de sismo resistencia NSR-10 en el artículo C.3.4.

8.4. Ladrillo

El ladrillo utilizado en el proyecto es el bloque estructural número 12 (**figura 12**) en arcilla, abastecido por la casa ladrillera “La Sultana” del Valle del Cauca, con las siguientes especificaciones técnicas: largo 29 cm, ancho 12 cm, alto 10 cm, la ficha técnica garantiza el cumplimiento de la norma NTC 4205, donde la exigencia para un promedio de 5 unidades exige una resistencia a la compresión de 18 MPa y una humedad promedio de 13%.

El único inconveniente que se presentó en el proyecto, con referencia al ladrillo, fue la falta de suministro de este, al tener un alta demanda este, se agotaba rápidamente más rápido de que se surtía.



Figura 12. Bloque estructural No. 12
 (<http://www.ladrilleralasultana.com/estructurales.htm>)

8.5. Concretos

La preparación del concreto en la obra varió, en el lapso de pocos meses, de una dosificación la cual fue encontrada para un concreto de 21 MPa o 3000 psi la cual estaba generando resistencias muy altas, pero que fue modificada por el cambio de proveedor de agregados, que llevó a un rediseño de la dosificación, llegando a la que se utilizó hasta el fin de permanencia del autor, para la misma resistencia. **Tabla 3 y 44**

Tabla 3. Primera dosificación

TIPO	DOSIFICACION	EUCON 35F	PLASTOCRETE 169HE	SIKANOL M	SIKATARD E	ASENTAMIENTO MAXIMO (PULG)
CONCRETO ESTRUCTURAL 21 MPa LOSAS DE CIMENTACION	1:1.5:2	X	X	X	X	4"
CONCRETO ESTRUCTURAL 21 MPa LOSAS DE ENTREPISO	1:1.5:2	X	1 L POR SACO DE CEMENTO	X	X	6"
GROUTING DOVELAS	1:3:2.5	260 ML POR SACO DE CEMENTO	X	X	X	8"
MORTERO DE PEGA	1:3	X	X	90 ML POR SACO DE CEMENTO	150 ML POR SACO DE CEMENTO	X

Tabla 4. Dosificación final

TIPO	DOSIFICACION	EUCON 35F	PLASTOCRE TE 169HE	SIKANOL M	SIKATARD E	ASENTAMIENTO MAXIMO (PULG)
CONCRETO ESTRUCTURAL 21 MPA LOSAS DE CIMENTACION	1:2.5:3	X	X	X	X	4"
CONCRETO ESTRUCTURAL 21 MPA LOSAS DE ENTREPISO	1:2.5:3	X	1 L por saco de cemento	X	X	6"
GROUTING DOVELAS	1:3:2.5	260 ml por saco de cemento	X	X	X	8"
MORTERO DE PEGA	1:3	X	X	90 ml por saco de cemento	150 ml por saco de cemento	X

En un inicio el concreto se preparaba *in situ* en mezcladoras SEMCO de tres sacos (**figura 13**), esto hacía que la vigilancia de la dosificación fuera una actividad diaria, ya que el trabajador tiende a colocar los agregados a paladas o en dosificaciones distintas, para mejorar y facilitar su vertimiento, pero sin tener en cuenta que esto lleva a un detrimento de la calidad de la mezcla.



Figura 13. Preparación de la mezcla in-situ

En cuanto a la preparación de las mezclas, se puede concluir que la humedad, la limpieza, y la granulometría, además de otros factores, todo influye en ella; y aunque teóricamente, se dice

que por cada agregado y por cada humedad se debería tener un diseño para garantizar la resistencia, esto en la obra no se cumple.

En particular en este proyecto la preparación de la mezcla se realiza solo teniendo en cuenta los siguientes factores: La cantidad de agua, el grosor del grano de arena y que se cumpla la dosificación exigida.

Tomando como una constante la dosificación en este caso (1:2.5:3) para concreto estructural y (1:3:2.5) para Grouting, de forma iterativa se encuentra la cantidad idónea de agua dado que por la forma de almacenamiento de los materiales no se controla la humedad que estos pueden llegar a tener. En otras palabras, se prepara una cochada de concreto, con poca agua y se le va agregando poco a poco, hasta que tenga una contextura, que visualmente se asemeje a la textura idónea; luego se comprueba haciendo ensayo de asentamiento (prueba del Slump) (**Figura 14**). Si el asentamiento es igual o muy cercano al asentamiento dado por la dosificación, hablando de una margen de tolerancia de medio centímetro, se toma esta cantidad de agua como la adecuada para la preparación de la muestra.



Figura 14. Prueba Slump

La metodología anterior se aplica para todo concreto preparado en el lugar, “in-situ”, sin importar para que elemento sea, el concreto a preparar.

Hoy en día se tiene la diferencia que en gran volumen se solicita concreto premezclado, al cual solo se le toma un asentamiento al inicio, o sea antes de comenzar el vaciado, esto con el fin de verificar si el concreto llega con el asentamiento solicitado. Inmediatamente después, con la misma cantidad de concreto que se retiró para hacer el slump, se toma una serie de cilindros (**Figura 15**) para verificar su resistencia, presentando la salvedad que el concreto del slump no se utiliza para los cilindros.



Figura 15. Serie de cilindros

Una observación que se realizó es el incumplimiento de la norma técnica INV. E - 401, que nos habla de la toma de muestras de mezcladora estacionaria y Mixer o carro mezclador (**figura 16**). Esta norma expresa que no se debe tomar la muestra de la porción inicial o de la final; sin embargo, es lo primero que se incumple, puesto que la muestra en todos los casos se toma siempre del inicio de la cochada o el primer concreto que sale del carro mezclador, es decir, de la porción inicial.



Figura 16. Mixer o carro mezclador

En general con respecto al cumplimiento del reglamento NSR-10 se puede decir, y analizando algunos de los puntos más importantes que la norma menciona:

El concreto preparado en obra o premezclado no tiene exposición a ningún elemento que genere algún tipo de corrosión como sulfatos, climas extremos, cloruros, presencia de agua constante, entre otros; lo cual este cumple por durabilidad. Sobre el diseño y la resistencia de las mezclas, no se puede evaluar su cumplimiento, ya que se encuentra de nuevo con la hermeticidad de la empresa constructora y con los cálculos de diseño de este; de igual forma, con la planta de producción del concreto premezclado. Por otro lado, se puede analizar la forma de mezclado, *in situ*, donde por observación las mezcladoras son de un saco, dos y hasta tres sacos especializadas; se procura que de forma visual la mezcla sea homogénea y esto siempre toma más de 90 segundos de mezclado y el vertido de los agregados se realiza en cajones de 30 x30 x 30 (**figura 17**); todo ello con una estricta vigilancia, lo que garantiza un buen mezclado que hace que se cumpla con la reglamentación en este literal.



Figura 17. Cajones

Para el transporte, cuando las condiciones no permiten una descarga directa (**figura 19**) o el elemento es un elemento elevado (**figura 18**), la mezcla se traslada por la retroexcavadora (pajarita) pero se procura lavar la cuchara lo mejor posible antes de la actividad para evitar la contaminación por partículas finas (pasa 200). Estas partículas pueden causar una pérdida de la resistencia de la mezcla al impedir una buena adherencia entre los agregados y la matriz, además de mantener el tramo de acarreo lo más corto posible para evitar la segregación y pérdida de plasticidad.



Figura 18. Descarga elemento elevado



Figura 19. Descarga directa

Pero un gran problema, y muy frecuente, es la demora de llegada de los carros mezcladores (Mixer), que hace que la finalización del vertido de la mezcla se realice en horas de la noche

(**figura 20**). Muchas veces el concreto vertido al inicio de la actividad se encuentra con una pérdida considerable de su plasticidad, lo que puede generar juntas verticales en el concreto viejo y el nuevo. Problema que se trata de evitar, o minimizar, dejando el corte en el tercio del vano antes del muro longitudinal que corta o divide las dos casas, de esta forma sigue la reglamentación colombiana en el capítulo D.4.4.4.



Figura 20. Retraso en la llegada de los carros mezcladores

En la fundición de Grouting hubo una pérdida de la resistencia, aunque por parte de la empresa contratante no se reveló los resultados de los estudios y pruebas realizadas, solo se reveló de forma muy informal los resultados de una esclerometria (**figura 21**).



Figura 21. Prueba de esclerómetro

Como solución, y por los resultados del esclerómetro, solo se hizo un refuerzo a las dovelas de 3 casas en un primer piso, las cuales se identificaron como las más críticas. La solución consistió en fundir una dovela al lado de cada una de las que se habían fundido anteriormente, aunque la solución causó dificultades a los eléctricos e hidráulicos y generó una inconsistencia entre el cumplimiento de la reglamentación. Es de recordar que esta expresa que la tubería eléctrica o hidráulica puede ir dentro del muro, después de que no se coloquen en las celdas inyectadas, en pocas palabras, se inyectaron las celdas que iban sobre todo con tubería eléctrica, obligando a regatear, así marcar otra inconsistencia; puesto que la reglamentación prohíbe estrictamente el regateo en muros de mampostería estructural (Capítulo D.4.5.6.).

En los estudio que se realizaron a la situación antes mencionada, del porqué de la perdida de la resistencia, se hizo un análisis metódico de la forma de preparación de la mezcla, por el personal que realizó la actividad en compañía de la geotecnóloga y el autor; se notó que se estaba agregando más agua de la común para llegar al mismo asentamiento, lo que hizo dirigir la mirada hacia los factores que podrían generar esta situación. Se observó que la arena usada era muy fina, la humedad del material era muy baja, por condiciones climáticas de un verano fuerte, aunque se tomaron y se hizo una mezcla patrón donde se realizó con los mismos materiales y se preparó con todos los factores controlados, jamás se supieron los resultados de las resistencias generadas.

8.6. Estructura

Se pudo caracterizar las viviendas del proyecto como mampostería parcialmente reforzada ya que por las características de construcción de las casas asemeja más a las características de esta. Según la tabla A.3 -1 del título A, de la reglamentación colombiana sismo resistente, justifica la

utilización de mampostería parcialmente reforzada en zonas de alto riesgo sísmico al limitar la altura de estas a 30 metros.

8.6.1. Preliminares

Los preliminares son todas esas actividades que pretenden preparar el terreno, es decir realizar demoliciones (si son necesarias), limpiar, nivelar de tal forma que no haya nada que interfiera ni moleste con el replanteo de la estructura. Para realizar el replanteo se debieron colocar los hiladeros, donde se marcaron los ejes de la estructura por el equipo topográfico, y midiendo manualmente se encontró la ubicación de los refuerzos de la losa de cimentación, antes de esto se realiza el replanteo de la tubería hidráulica sanitaria, pero no se comenta ya que este se realiza por otro contratista.

De igual forma, no se tuvieron muchos problemas en el tiempo de permanencia del autor, ya que los puntos son colocados con equipo de precisión por la comisión topográfica del proyecto (**Figura 22**). Asimismo, el terreno en la mayoría de las veces se recibía ya conformado con las densidades idóneas, donde lo único que se debía hacer era nivelar el terreno, de las observaciones que hay que tener en cuenta es la colocación de los hiladeros, que estos queden firmes de tal forma que no se muevan para mantener la precisión de los puntos colocados.



Figura 22. Replanteo de puntos

8.6.2. Cimentaciones

En el diseño de la estructura se encuentra definida una cimentación superficial, que consta de una losa de 12 cm de grosor y acompañada por vigas de 20 cm de altura, por 12 cm de ancho, esta contiene malla electro soldada que cubre la totalidad de la casa, excepto la parte del patio, vigas y refuerzos horizontales que darán mayor soporte a los muros estructurales (**figura 23**). En la construcción de estas se encontraron errores en la ejecución de las excavaciones de las vigas, sobre todo por la falta de información de los planos, por un deficiente acotamiento en los planos estructurales. Aunque es algo que no tiene un efecto negativo en la estructura de las casas, ya que en la mayoría de veces la sección de las vigas aumentaba dando un mayor recubrimiento, pero aumentando los costos por el aumento en el volumen de concreto.



Figura 23. Cimentación superficial (*losas y vigas*)

En cuanto al curado del concreto, actividad que no se debe descuidar sin importar el elemento, ya que de este depende la durabilidad que pueda llegar a tener, en este caso el curado que se tenía con las losas de cimentación constaba de la aplicación de un aditivo, de nombre Antisol blanco (emulsión acuosa de parafina) de la casa productora de químicos para la construcción SIKA. Esta debe ser aplicada en el momento en que el concreto vertido pase de un color brillante a un color

mate, en pocas palabras cuando desaparezca el agua de exudación del concreto. En opinión del autor esto muchas veces no es suficiente puesto que en varias losas se presencié un agrietamiento después de un tiempo, aunque hay que tener en cuenta que existía una condición climática de un fuerte verano. El producto era vertido como lo menciona en la hoja técnica de este (**figura 24**), pero no se puede negar que en un par de ocasiones no era bien vertido por el afán de avanzar en la obra (**figura 25**).



Figura 24 Curado del concreto



Figura 25 Mal vertimiento del Antisol



Figura 26 Mal vertimiento del Antisol

En la (**figura 26**) se puede analizar el deterioro que se genera por un mal curado, el agrietamiento presente puede no ser profundo y no generar daños, pero puede ser lo contrario ser

tan profunda que puede generar un conducto que transporte elementos corrosivos a los aceros así afectando estructuralmente el elemento.

Refiriéndose a la reglamentación sismo-resistente, en el capítulo D.4.4 se encuentra los requisitos constructivos para las cimentaciones en mampostería estructural, donde se refiere al diseño y sus consideraciones en el capítulo C y H de la antes mencionada reglamentación; los cuales no se comentaran, visto que el diseño no entra en el alcance de este trabajo. Por otra parte, menciona los nacimientos del refuerzo vertical los cuales deben quedar anclados desde la losa y respetando la distancia de traslape necesaria, en este caso los aceros nacientes del refuerzo vertical se ubicaron antes de la fundición del elemento garantizando que estos quedarán anclados a la losa como se aprecia en la (**figura 27**), estos pelos de acero tienen un largo de 80 cm libres, lo que garantiza una correcta distancia de traslape, el acero utilizado es el n° 3 o 3/8 de pulgada.



Figura 27. Nacimientos del refuerzo vertical

La ubicación de los nacientes es una cuestión a discutir, ya que existen nacientes que no están especificados en los planos a pesar de esto los nacientes se dejaban con un juego de 6 centímetros, lo cual contradice la reglamentación en la cual se tomaba la longitud total de la celda y no la cuarta parte como lo menciona.

En las ocasiones que se tuvo que dejar una junta en la losa esta siempre se dejó de forma vertical respetando un espacio correspondiente al tercio del vano más cercano, esto sucedía cada vez que entre casas existía un desnivel con la siguiente cimentación.

8.6.3. Muros

Al referirse a muros de mampostería estructural, haciendo la salvedad que se habla de mampostería parcialmente reforzada, se les llama a todos los muros presentes en la estructura, muros de primer piso, segundo piso y culata, los cuales en su estructura llevan una cantidad definida de acero, en el caso particular del proyecto, en el que al cual participo el autor, se define así: dos grafiles (acero de 4 mm) cada 2 hiladas extendiendo el acero a lo largo de todo el muro y un acero n° 3 vertical, aunque este no tiene una separación homogénea y por modificación del proyecto estas nunca superan el metro de longitud.



Figura 28. Desplome de muros

Se encontraron muros que no se aceptaron por diferentes razones, muros sin plomada (**figura 28**), muros con barriga o sin codal, muros donde se obviaron los refuerzos, muros sin terminar y todavía no se ha agregado al refuerzo vertical además contando con la ausencia de un buen apuntalamiento el viento los derriba, intercepción entre muros donde no hay escuadra, etc. Todos

estos errores se presentaron de forma repetitiva pero la estética, lo estructural y al tratarse de mampostería a la vista hace que la corrección sea inmediata.

Por lo anterior, podemos decir que el curado y la supervisión son factores importantes en la mampostería estructural recién construida y lo que nos dice que el muro cuando se encuentra en una etapa temprana de su formación es una estructura de gran fragilidad a la cual no le puede exigir funcionamiento hasta que este contenga todo su refuerzo y garantice su estabilidad.

En la (**figura 29**) se puede apreciar un muro que colapso por culpa del viento, este muro se había levantado pocos minutos atrás, y a horas del mediodía se presentó un fuerte viento que derribo el muro. En la figura también se pueden apreciar el refuerzo horizontal que se coloca en el muro.



Figura 29. Muro que colapso

La solución a estos problemas en general siempre es la misma, demoler el muro con cuidado y no dañar la unidad de mampostería y volver a construir el muro; en el caso de los muros derribados por el viento, se construyeron de nuevo y se les dio más rigidez vertiendo Grouting en un par de celdas y haciendo un mejor apuntalamiento.



Figura 30. Demolición de muros

En las dovelas, que son las pequeñas columnas, celdas donde entra el refuerzo vertical y, es fijado con el mortero o concreto, también llamado Grouting, se amarran y rigidizan el muro, los fallos en estas son de igual manera repetitivos y constan de un mal sondeo o limpieza de la apertura del ladrillo a la cual se le verterá el concreto, lo que genera que la totalidad de la celda no sea completamente llena con el Grout; en pocas palabras, y sabiendo que la inyección se realiza desde la parte superior del muro, deja entre el suelo y el taponamiento un espacio sin llenar.

La reglamentación colombiana respecto a la mampostería, mortero y Grouting nos referencia muy bien la calidad de los materiales, resistencias y forma de preparación de los cuales solo podemos especificar que la preparación se realiza de buena forma como se mencionó anteriormente, de los materiales y resistencias poco se pudo decir por la hermeticidad de la empresa constructora. En la tabla D.4.2-2 de la reglamentación encontramos los rangos permitidos de tolerancia en la construcción de los muros de mampostería encontrando y en opinión del autor una gran severidad en estos ya que en su mayoría solo da un rango de 2 mm y muchas veces el solo ladrillo trae más de 2 mm de diferencia en su tamaño lo que hace imposible cumplir algunas de estas.

Por otro lado, se pudo verificar que la ubicación de los refuerzos y cuantías cumplen con mampostería parcialmente reforzada mencionada en la reglamentación. En la (**figura 30**)

observamos un muro al cual se le demolió una parte central, ya que este presentó una barriga que no se detectó antes de la inyección del Grouting, esto se pudo hacer gracias a que el muro era un muro de patio al cual no se le exigiría más carga que el peso propio y la viga de amarre que este lleva en la parte superior, esto importante anotarlo ya que al reparar esta parte central, la nueva mampostería tendría una función estética funcionando como un muro divisorio, en pocas palabras esta parte perdería su comportamiento estructural.

8.6.4. Losas de entrepiso, Vigas de amarre, vigas cinta

Se definen los elementos nombrados; *losas de entre piso*, en particular en el proyecto las losas de entrepiso son de 10 cm de espesor según el diseño estructural pero en la realidad se realizan de 11 o 12 cm de ancho, poseen vigas y refuerzos horizontales que dan soporte a los muros estructurales. La losa lleva doble malla electro soldada lo que hace que en varias ocasiones se deba jugar con la ubicación y colocación de las mallas para poder reducir el espesor que estas generan, pues se forma una especie de emparedado (primero malla, luego refuerzos, tubería eléctrica, y por último malla electro soldada), al no tener en cuenta la forma de la colocación de las mallas el espesor suele llegar a 10 cm o más, (**figura 31**), haciendo que el acero quede con menos de 1 cm de recubrimiento o simplemente el acero se asome después del vertimiento de la mezcla (**figura 32**), generando problemas estructurales ya que el acero se puede ver afectado por todo proceso corrosivo se disminuye así la durabilidad del elemento.

Sobre el cumplimiento de la normativa sismo resistente colombiana se puede decir que no hubo incumplimiento de esta, puesto que la norma solo es clara en que la losa de entrepiso debe funcionar como diafragma, dando apoyo a todos sus elementos y no permitiendo que se genere volcamiento de la hilada de apoyo por excesiva excentricidad. Aunque debemos dar el

incumplimiento en los recubrimientos ya que estos, y por la forma de ubicación de los aceros, era imposible garantizarlos.



Figura 31. Acero losa entrepiso Figura 32. Acero asomándose

Se definen *las vigas de amarre* como vigas de 12 cm de ancho por 25 cm alto, las cuales amarran la mampostería en la parte superior del segundo piso y *las vigas cintas* son pequeñas vigas de 12 cm de ancho por 20 cm de alto que pueden ir inclinadas amarrando la mampostería de la culata. Un punto a tener en cuenta es la falta de planos estructurales de las vigas de amarre y la modificación de la estructura de la viga cinta. Las patologías detectadas de los anteriores elementos en su mayoría fue la pérdida de nivel sobre todo en las vigas y la falta de una adecuada vibración lo que generó hormigueros pronunciados en los diferentes elementos.

La pérdida de nivel se presentó sobre todo en las vigas de amarre de la mampostería de segundo piso, por error humano, donde el maestro encargado tomó los niveles de mampostería sin tener en cuenta que el mampostero había cometido un error al nivelar el muro, lo que generó un

dintel inclinado. Como solución se tuvo que demoler la viga, el muro como se ve en la (**figura 33**) y luego se dio paso a su reconstrucción.

Se recomienda que siempre, y para cada elemento, se revisen y se manejen los propios niveles ya que se pueden presentar este tipo de errores.



Figura 33. Demolición viga y muro

Otra situación de impase se tuvo en las losas, un caso donde la formaleta cedió, lo que generó una deformación bastante significativa ya que en algunos lugares, y gracias a que las vigas de entre piso se vierten monolíticamente con la losa, unas ganaron sección y otras perdieron, como consecuencia hay un deterioro estructural (ver **figura 34**, podemos observar como la formaleta se abre).



Figura 34. Encofrado

En general el problema más común, y presentado en los elementos anteriormente nombrados fue la presencia de hormigueros (**figura 35**), patología que resta funcionalidad al elemento por la pérdida de soporte brindada por la falta de concreto, aspecto que puede llegar a dar un camino directo a la posible corrosión del elemento y producido por una deficiente vibración.

Según (6) tenemos 3 posibles casos de corrosión en este tipo de elementos: la primera, corrosión al acero; la segunda, al concreto por acumulación de óxidos expansivos en la interacción acero concreto; y el tercer caso por pérdida de adherencia entre concreto y acero. Estos pueden ser minimizados o evitados siguiendo una correcta rehabilitación del elemento.

En el manual de rehabilitación de estructuras de hormigón reparación, refuerzo y protección producido por CYTED en el año 2003 se encuentra, más de un procedimiento de cómo realizar una correcta rehabilitación del elemento, se nombraran algunos más adelante.

En el proyecto en el cual participo el autor, el resane cura y reparación de los hormigueros se hacía de la siguiente forma: se preparaba un mortero no tan seco, con un aditivo que brinda alta resistencia, estabilidad volumétrica y una alta adherencia, SIKA GROUT-200, done se procedía a rellenar los orificios.



Figura 35. Hormigueros

Según el manual de rehabilitación de estructuras de hormigón reparación se nombraran algunos métodos de reparación de patologías en concretos:

En primer lugar y para cualquier procedimiento a seguir se debe evaluar e identificar el elemento afectado, seguido de un proceso de escarificación y limpieza. La limpieza se debe hacer con agua a presión o aire a presión de tal modo que se eliminen todos los residuos sólidos de la zona afectada, de tal modo que sea una superficie rugosa pero a su vez uniforme como se observa en la (figura 36)

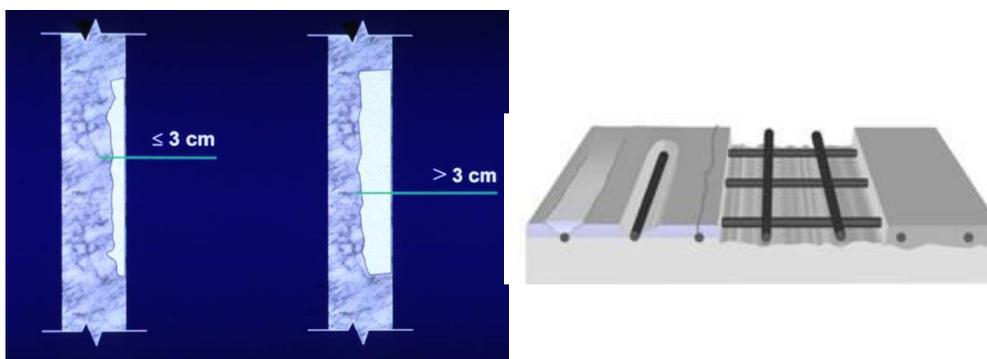


Figura 36. Escarificación y limpieza
(TOMANDAS DE CYTED REHABILITAR, 2003)

Primer método:

Se procede a un encofrado hermético y a la preparación de un Grout de alta fluidez en cual permita un auto nivelación y buen llenado del elemento. Tenemos por ejemplo de la casa de químicos para la construcción BASF el relleno de alta fluidez MASTERFLOW 928 GROUT o de la casa SIKA el SIKAGROUT 212. Se procede al llenado, vibrado y fraguado del resane (figura 37).

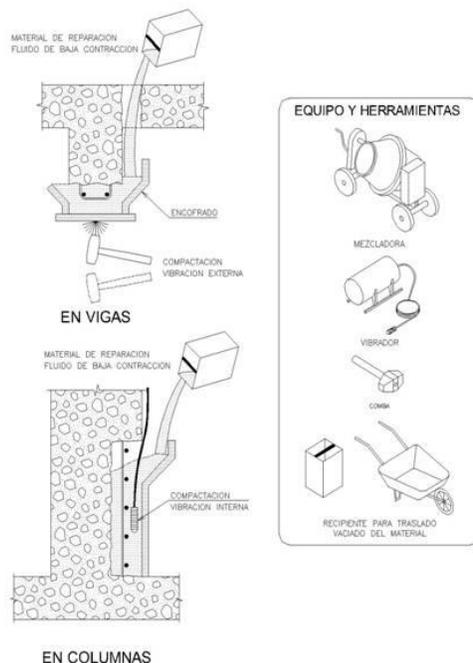


Figura 37. Resane por medio Líquido
(TOMANDAS DE CYTED REHABILITAR, 2003)

Segundo método:

Se procede a preparar un mortero seco de cero o casi cero pulgadas de asentamiento con una consistencia plástica y manejable el cual se ira colocando por capas y cada capa será compactada con un pisón y una masa hasta rellenar por completo el agujero a reparar (**figura 38**) se puede notar que el uso de aditivo es sugerido para una buena adhesión entre las mezclas, se pueden utilizar GROUTS de altas resistencias y de consistencia plástica como el SIKAGROUT 200 de SIKA o EMACO S88CI de la casa productora de químicos BASF .

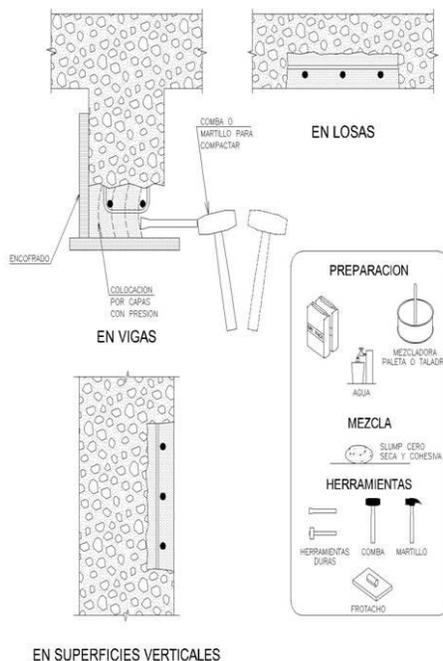


Figura 37. Resane por medio Seco
(TOMANDAS DE CYTED REHABILITAR, 2003)

Al realizar una pequeña comparación entre los métodos sugeridos y la forma de resane en obra podemos ver que hay gran diferencia, y aunque en obra se utiliza uno de los aditivos sugeridos no se emplea ningún tipo de preparación o de procedimiento lo cual hace pensar que el resane puede no cumplir su propósito.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se puede concluir que la fase de planeación tiene una gran influencia en la fase de ejecución de un proyecto, en este caso se encontraron muchas dificultades tanto en los materiales, transporte, documentación y la planeación del proyecto, cuestión que fue a recaer directamente a la informalidad de aplicación a la reglamentación colombiana de sismo Resistencia en varios de sus literales.
- En la construcción de las viviendas, se encontró que hay muchos factores que pueden llevar al incumplimiento de la reglamentación, aunque la vigilancia y el control existan, este no es suficiente para que se cumpla debidamente la reglamentación, para darle solución a todos esos pequeños errores que se generan en la fase constructiva, siempre se trata de generar un proceso que reduzca o minimice las posibles afectaciones a futuro.
- Se recomienda a la empresa constructora un mayor cuidado en la planeación de sus respectivas obras ya sé que encontró dificultades en el transcurso de la ejecución del proyecto por errores inherentes a la planeación.
- De igual forma, a la oficina de planeación municipal de la ciudad, un mayor control pues las obras por razones ajenas al transcurso normal del proyecto, sufren modificaciones, además las largas esperas de los trámites en las curadurías respectivas, generan informalidades en la ejecución de los proyectos a los que se les brindan las licencias de construcción.

10. CRONOGRAMA

La pasantía tendrá una duración de 576 horas establecidas por la universidad las cuales se repartirán en dos jornadas de 8 horas durante el día y una jornada de 4 horas los días sábados, para un total de 44 horas semanales.

Actividad/Mes	Mes 1				Mes 2				Mes 3			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Semana												
Periodo de inducción e información de las actividades	X	X										
Actividades administrativas.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Apoyo técnico en el campo durante los procesos de construcción.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Elaboración y entrega de informes parciales y final					X				X			

11. RECURSOS:**PRESUPUESTO MENSUAL UNIVERSIDAD**

NOMBRE	UNIDA D	VLR UNITARIO	CANTID AD	VALOR TOTAL PARCIAL
Director trabajo de grado	Mes	\$ 850,000.00	1.00	\$ 850,000.00
Total				\$ 850,000.00 *

PRESUPUESTO MENSUAL INGECO L.T.D.A.

NOMBRE	UNIDA D	VLR UNITARIO	CANTID AD	VALOR TOTAL PARCIAL
Computador	Gbl	\$ 500,000.00	1.00	\$ 500,000.00
Impresora	Gbl	\$ 100,000.00	1.00	\$ 100,000.00
Tinta impresora	Unid	\$ 40,000.00	4.00	\$ 160,000.00
Fotocopias	Glb	\$ 10,000.00	1.00	\$ 10,000.00
Hojas (Resma)	Unid	\$ 9,000.00	1.00	\$ 9,000.00
Ingeniero a cargo	Mes	\$ 850,000.00	1.00	\$ 850,000.00
Total				\$ 1,629,000.00

PRESUPUESTO MENSUAL ESTUDIANTE

NOMBRE	UNIDA D	VLR UNITARIO	CANTID AD	VALOR TOTAL PARCIAL
Alimentación	Glb	\$ 100,000.00	1.00	\$ 100,000.00
Transporte	Glb	\$ 200,000.00	1.00	\$ 200,000.00
Imprevistos	Glb	\$ 100,000.00	1.00	\$ 100,000.00
			Total	\$ 400,000.00

12. BIBLIOGRAFÍA

12.1. Referencias bibliográficas

- (1) AIS, A. C. de I. S. (2010). *NSR-10. Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente*
NSR-10 Cap. H p. 9-10
- (2) AIS, A. C. de I. S. (2010). *NSR-10. Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente*
NSR-10 Cap. H p. 11
- (3) BRAJA M. DAS. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica 4 Ed. p. 269*
- (4) RIVERA G. (1998), *Concreto Simple p.73*
- (5) ASOCRETO (2010), *Colección del concreto – Tecnología del concreto Tomo 1 Materiales, Propiedades y diseño de Mezclas p. 47*
- (6) DEL VALLE MORENO A., PEREZ LOPEZ T. Y MARTINEZ MADRIS M.(2001), *El fenómeno de la Corrosión en estructuras de concreto reforzado p.37*

RENDERS



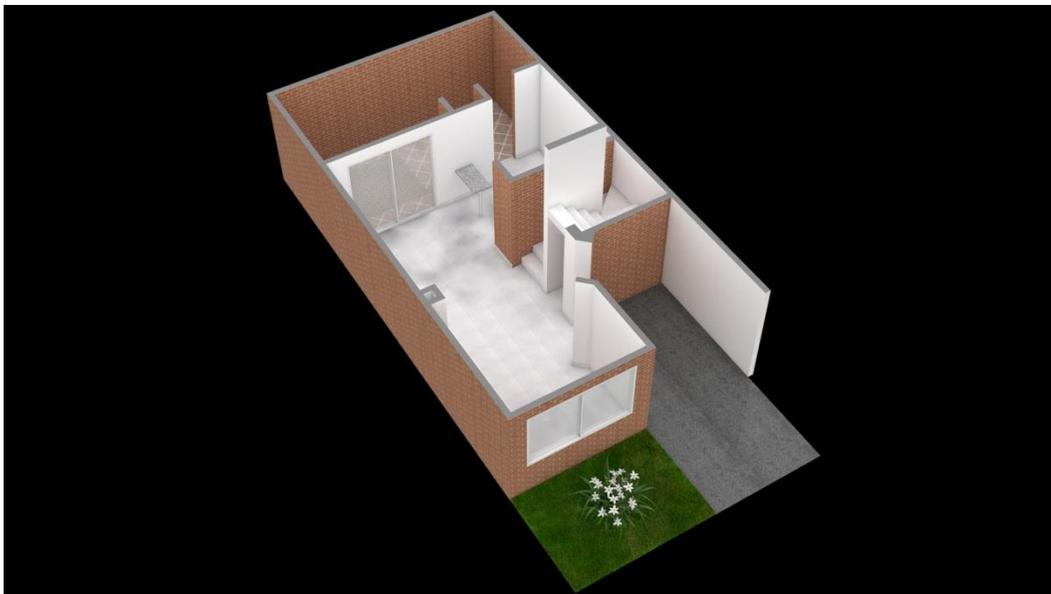
Urbanístico



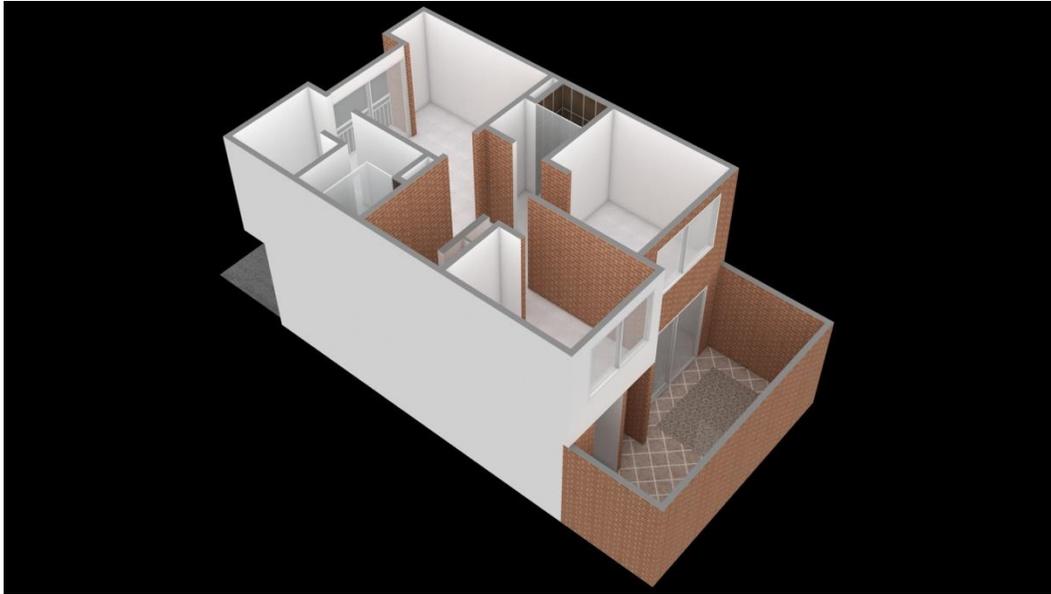
Esquinera 1 piso



Esquinera 2 pisos



Medianera 1 piso



Medianera 2 pisos